

mas dignas de ser leídas en países que, como los de Sud-América, se encuentran todavía en la mitad de su aprendizaje de la vida política i civil. No se olvide que es un libro que ha pasado a ser un manifiesto o una profesion de fé pública de uno de los mas ilustres caudillos de la democracia americana, desde que su autor es hoi dia el jefe de una poderosa República, nuestra aliada i nuestra hermana. Por esto en su país, esa obra, nacida al estruendo de esas mismas famosas batallas de ayer, en que el historiador fué alternativamente vencido i vencedor como el héroe de aquella, será para el jeneral Mitre un timbre mas alto que el prestigio de sus hazañas militares, por cuanto hoi convierte en hecho todo lo que su honrado corazon i su austera conciencia dictara antes a su pluma.

Al menos, para el que esto escribe, i que lleva en su alma desde tiempos ya lejanos una afeccion tan pura como profunda, por el jeneral Mitre, si despues de los gloriosos triunfos que llevaron al primer puesto de la República a dicho jeneral, hubiese sido llamado a los comicios en que el pueblo arjentino le confirió la mision i la responsabilidad de salvarlo, habria escrito en su boleto de sufragio, no el nombre del vencedor de Pabon, sino el del autor de la *Historia de Belgrano*.

---

*IRRIGACION. Lejislacion, distribucion i uso económico de las aguas de regadío.—Memoria del Injeniero don Luis Lemuhot, premiada por la Facultad de Oiencias Físicas i Matemáticas en el certamen de 1864.*

## INTRODUCCION.

Habiendo determinado la Facultad de Ciencias Matemáticas i Físicas de la Universidad, pedir una Memoria sobre la *Lejislacion, distribucion i uso económico de las aguas*, para el certámen del presente año de 1864; el autor de esta Memoria ha pensado que, habiéndose pedido para el certámen del año de 1862 una Memoria referente a la distribucion de las aguas en Chile i habiendo sido premiado el trabajo que se presentó en esa época, el tema dado ahora debe ser el complemento del trabajo anterior i la distribucion pedida actualmente, es la que debe hacerse del agua, segun el cultivo que se quiera emprender, tomando en consideracion las diferentes clases de terreno que se encuentran entre las tierras arables, que debèn ser beneficiadas por el regadío; determinando los mejores sistemas de

riego, en cada uno de estos casos, para economizar ese elemento; es decir, que teniendo una cantidad dada de agua, emplear los métodos mas aparentes para hacer participar de ella, al mayor número de cuadras de tierra, haciendo dar a éstas el producto mayor que sea posible.

Para determinar el modo de economizar el agua, tuve que tratar, no solamente de los varios sistemas de regadío, sino tambien del mismo trabajo de los canales para indicar los medios de ejecutar estas obras, de manera que den la menor pérdida posible de agua, desde la toma hasta el lugar de su empleo.

Hablando de los diferentes modos de conseguir el agua, sea sacándola de un río caudaloso, sea de un estero que se seca o que casi se seca en verano, me ha conducido naturalmente a tratar de los estanques, que se pueden trabajar en las haciendas de rulo para aprovechar, no solamente la poca agua de los esteros, sino tambien el agua de las lluvias, trasformando así, ese elemento destructor de estos terrenos en una causa de beneficios para estos fundos.

Aunque esta Memoria trate talvez de ciertas partes de la hidráulica aplicada al cultivo de los terrenos, que no se ha especificado en el tema, he creído, sin embargo, que era preciso hablar de ellas, no solamente para que este trabajo sea el complemento de la Memoria premiada en 1862, sino tambien que se vea que no son trabajos de tanta magnitud i costo, como se cree jeneralmente; siendo trabajos que cualquiera hacendado puede emprender fácilmente i con buen éxito siguiendo las reglas que he detallado en esta obra.

Tambien he creído indispensable tratar de la disminucion de las aguas de lluvia en Chile, determinando la causa de la mudanza de clima que se nota desde algunos años a esta parte, para que se busque el medio mas a propósito para poner remedio a un mal que puede causar un atrazo de consideracion en la agricultura del país.

Las partes de que me ocupo en esta Memoria, son las siguientes:

Lejislacion sobre las aguas.

Métodos de regadíos.

Cantidad de agua necesaria para el regadío.

Métodos para medir el agua que pasa por los ríos o esteros.

Modo de sacar el agua que se necesita de un río o estero.

Trabajo de los canales i sus pendientes.

De las pérdidas de agua por filtraciones i evaporacion.

De la cantidad de agua de lluvia que se puede recojer en los estanques.

De la disminucion de las aguas de lluvia en Chile.

De los trabajos de los estanques.

## I.

### Lejislacion.

La lejislacion sobre las aguas en Chile, puede dividirse en dos partes.

1.º Leyes jenerales sobre la materia, consistiendo en los artículos consignados en el Código civil, i en un decreto del Senado promulgado en 18 de noviembre de 1819; que da por base de la division de las aguas, los mismos reglamentos establecidos en el canal de Maipo.

2.º Las leyes u ordenanzas que pueden establecer las autoridades locales o las Municipalidades, segun las facultades que les dan los reglamentos que rijen estas corporaciones.

Las leyes jenerales en Chile pueden competir con las de los países mas adelantados en las irrigaciones, como la Italia; leyes que todas las naciones tratan de introducir en sus códigos, cuando quieren fomentar el adelanto de la agricultura.

Me ocuparé primeramente de la lei de 1819 por ser la mas antiguamente promulgada sobre este asunto; aunque una parte de ella está abrogada por haber sido tratada con mas detalles en el Código civil; esa parte, es la que trata de los razgos de los canales en predios vecinos o bien del establecimiento de la servidumbre en provecho de la industria agrícola.

La otra parte, que trata de la unidad que debe servir de base para la reparticion de las aguas entre los vecinos i tambien para las transacciones sobre esta materia tan importante, es viciosa: nos ocuparemos primeramente de ella por ser la que ha dado lugar a varias interpretaciones que han orijinado una multitud de pleitos.

Veamos las diferentes interpretaciones que se han dado a esa lei, que es testualmente como sigue.

«Conformándome con lo acordado por el Exmo. Senado en cinco del corriente, vengo en declarar por regla jeneral: que el regador, bien sea del canal de Maipo o de cualesquiera otros rios, se compondrá en adelante de una sesma de alto (o 6 pulgadas españolas) i de una cuarta de ancho (9 pulg. españolas) *con el desnivel de 15 pulgadas*, el

que se aprecia en 750 pesos, cuya venta solo se verificará en dinero de contado: previniéndose que, así, como el que necesitase mas cantidad de agua que lo que compone un regador se le puede vender en mayor número los regadores, así al que necesitase menos, nunca podrá bajar de la mitad; i que los marcos i boca-tomas serán de cuenta del comprador, quedando al cuidado del Gobierno el nombrar persona de su satisfaccion, que señale el lugar donde debe fijarse el marco i abrirse la boca-toma con el declive insinuado. Tambien se declaran libres los razgos o tránsitos de las aguas por cualquier terreno que pasen o sean conveniente al comprador, a no ser que por aquellos donde hayan planteles, en cuyo caso estos podrán convenirse con el propietario. I para que llegue a noticia de todos, insértese en la *Gaceta Ministerial*. O'HIGGINS.—*Cruz.*»

Don Augusto Charme en el año de 1855 teniendo que ejecutar varios trabajos de regadío i viendo lo incompleto de la lei de 1819, llamó, el primero, la atencion de la Facultad de Ciencias Matemáticas i Físicas sobre lo que se debia entender por regador, es decir, qué cantidad de agua era esa unidad. Desde esa época varios injenieros han discutido esta materia, i hasta ahora, no estan de acuerdo ni entre sí, ni tampoco con la sociedad del Canal de Maipo.

Veamos las diferentes interpretaciones que se han dado a estas palabras, *con el desnivel de 15 pulgadas*, que se encuentra en dicha lei, siendo una espresion principal de ella.

Primeramente, don Augusto Charme comprendió, segun el mismo testo de su carta fechada en Talca en 1.º de agosto de 1855, dirigida al Secretario de la Facultad que, «un regador era la cantidad de agua que se derrama en un segundo por un orificio rectangular, en pared delgada, cuya base tendria 9 pulgadas, la altura 6 pulgadas, i la distancia vertical del nivel del agua, en cima del centro del orificio, 15 pulgadas (medidas españolas);» Lo que dió empleando la fórmula  $Q = m \sqrt{g h}$ : la cantidad de 46<sup>lit</sup>,225.

$$\begin{aligned} m & \text{ siendo el coeficiente de contraccion de vena fluida} = 0,6095 \\ s & \text{ la seccion } 9^{\text{po}} \times 6^{\text{po}} = 0,^{\text{m}}21 \times 0^{\text{m}},14 = 0^{\text{m}},294 \\ h & = 15 \text{ pulg.} = 0^{\text{m}},3484. \end{aligned}$$

En la sesion de 25 de mayo de 1856, la Facultad acordó pedir esplicaciones a don Santiago Tagle, como miembro de la Facultad e injeniero del canal de Maipo.

Este caballero en contestacion, da el método que se emplea en el

canal de Maipo para partir las aguas entre varios interesados, en el cual se ve que *el desnivel de 15 pulgadas*, determinado en la lei, está repartido en una parte del canal de 62 varas i media de longitud.

Pero tambien, en el mismo informe, que es de julio 18 de 1856, don Santiago Tagle da a entender que *ese desnivel de 15 pulg.* debe estar repartido en una cuadra de largo, o 150 varas, en lugar de  $62\frac{1}{2}$  varas; *lo que daria 36 pulgadas por cuadra de desnivel*, como se da a los marcos partidores del canal de Maipo.

Sobre este nuevo dato, don Augusto Charme determinó la cantidad de agua que compone el regador, i encontró  $19^{\text{lit}}, 18$  por segundo.

En una comunicacion del señor Salles, ingeniero, leida en la Facultad en su sesion de 8 de noviembre de 1861. Este caballero quiere probar, que el *desnivel de 15 pulgadas*, debe ser repartido en una cuadra o en 150 varas de longitud, por ser la cuadra una unidad de medida que tuvieron presente los lejisladores, cuando trataron esta materia, i señala para el regador  $18^{\text{lit}}, 86$ , que es en efecto la cantidad que da el cálculo: tomando para la seccion del orificio por donde pasa el agua, las dimensiones indicadas en la lei de 1819 i repartiendo el *desnivel de 15 pulgadas*, en una cuadra de longitud, dando  $9^{\text{pg.}}=0,^{\text{m}}21$ ; i  $6^{\text{pg.}}=0,^{\text{m}}14$

La diferencia que se nota entre esta cantidad i la señalada por el señor Charme, de  $19^{\text{lit}}, 18$ , proviene probablemente del resultado de la trasformacion de las medidas españolas en métricas.

Todas las interpretaciones de la lei de 1819, pueden ser conformes con la idea que tuvieron los lejisladores cuando discutieron esta lei, pero no ha sido interpretada lo mismo por la Junta del canal de Maipo; con efecto, si se busca en los varios estatutos de esta sociedad que han sido impresos desde su fundacion, se encuentra que en el año de 1842, se mandó hacer los marcos de 18 pulgadas de altura dándoles 3 pulgadas de ancho; creyendo que teniendo la misma seccion que la que dan las dimensiones determinadas en la lei, debía pasar la misma cantidad de agua, porque en los dos casos tenemos por seccion 54 pulgadas cuadradas.

La cantidad de agua que daria esa seccion de 54 pulgadas, formando el marco de 18 de alto con 3 de ancho i repartiendo las *15 pulgadas de desnivel* en una cuadra de longitud: seria solamente de  $13^{\text{lit.}}42674$ .

Repartido ahora, como lo determinó la Junta del Canal, las 15

*pulgadas de desnivel* en 62 varas i media de largo; se tiene 20<sup>lit.</sup>35.

Por un acuerdo de junio 4 de 1841, se resolvió dar doble altura a los marcos, dejándoles el mismo ancho para dar a los accionistas doble cantidad de agua, teniendo los marcos el mismo desnivel de 12 pulgadas en 50 varas de largo, antes de ellos; formando los marcos de un emplantillado de 8 varas de largo horizontal, poniendo la punta de diamante que debia partir el agua en la mitad de esta longitud, colocando la escala medidora a media vara detras de la punta de diamante; lo que daba 12 pulgadas de desnivel, a repartir en 54 varas i media. Estas dimensiones daban 41<sup>lit.</sup>98 por segundo; pero este acuerdo era para favorecer a los accionistas por haber contribuido a la abertura de un nuevo canal.

En julio de 1846 en una nueva reunion, se determinó formar los marcos partidores dejándoles una vara de altura, pero reduciendo el ancho a pulgada i media, para tener las 54 pulgadas de seccion, dando siempre la misma pendiente mas arriba espresada; con estas dimensiones para el regador, pasa solamente 14<sup>lit.</sup>471 de agua por segundo.

Se ve por estos ejemplos, que todo lo que guardó de la lei el Canal de Maipo, es el producto de 54 pulgadas, resultado de la multiplicacion de las dimensiones 9<sup>pg.</sup> × 6<sup>pg.</sup> = 54<sup>pg.</sup>; i que se ha repartido el *desnivel de 15 pulgadas*, en una longitud equivalente a 62½ varas.

Si con la misma pendiente que ha dado el Canal de Maipo a sus marcos, hubiese guardado la misma relacion de la altura con el ancho de que habla la lei, i que no hubiesen considerado esa relacion como de ningun valor, teniendo la misma seccion en los dos casos, hubiesen tenido para el regador la cantidad de 26<sup>lit.</sup>074655 por segundo.

Por lo que acabo de decir, se reconoce que la lei es incompleta, dando lugar a una infinidad de interpretaciones, i que por lo mismo la unidad que se quiso determinar no es unidad; siendo variable segun la interpretacion que se quiere darle, como se ve por las cantidades que se han encontrado para el regador, que son las siguientes: guardando en los marcos la misma relacion entre el ancho i la altura que está señalada en la lei en discusion.

1. <sup>a</sup> interpretacion de don Augusto Charne . . .	46 <sup>lit.</sup> , 225
2. <sup>a</sup> id. id. . . . .	19, 18
3. <sup>a</sup> id. del señor Salles . . . . .	18, 86
4. <sup>a</sup> id. de la Junta del Canal de Maipo. . .	26, 07

Mudando la relacion del ancho de los marcos con la altura, se tiene:

Con media vara de altura i tres pulgadas de ancho . . : 20lit, 35  
 Con una vara de altura i pulgada i media de ancho . . : 14. 471

En vista de estos datos, seria urgente por el interes de la agricultura, que se determinara la unidad que se llama regador, es decir, fijar para esa unidad una cantidad de litros de agua pasando en un segundo, que es la unidad de tiempo que se admite para determinaciones de agua por un orificio cualquiera.

Queriendo determinar *a priori* la cantidad de agua que debe formar el regador, podria suceder que esta determinacion causara un trastorno grande en la sociedad del Canal de Maipo; i como la lei de 1819 ha sido formulada principalmente para favorecer a esa Sociedad que ha sido la primera que se formó en Chile para el fomento de la agricultura, i todavía es la mas grande del país para los regadíos, se podria sencillamente determinar la unidad buscada sin causar ningun perjuicio obrando del modo siguiente:

Determinar en años ordinarios la cantidad de agua que entra en los canales ántes de distribuirla i dividir esa cantidad de agua por el número de regadores que se tienen que repartir a los accionistas; el coeficiente de esta operacion dará el número de litros que pueden admitir para el valor legal del regador.

Ahora que he discutido la parte del decreto de 18 noviembre de 1819, que trata de la unidad de medida que se debe emplear en las transacciones de agua, me queda que examinar los artículos del Código civil, que han reemplazado la segunda parte del decreto ántes citado. Estos artículos no destruyen el gran principio de la servidumbre a que estan sujetos los predios en beneficio de la agricultura, sino que lo regulariza e impide el abuso que se podria hacer de ese derecho en perjuicio del adelanto de la misma.

Se debe tener presente que la servidumbre en materias de agua queda establecida de hecho, despues del goce de ella, durante diez años consecutivos entre presentes i veinte años entre ausentes. Tambien, como lo veremos, se extingue la servidumbre despues de haber dejado de gozar de ella durante veinte años.

### TÍTULO III.

#### DE LOS BIENES NACIONALES.

. . . . .  
 . . . . .

Art. 595. *Los rios i todas las aguas que corren por cauces naturales, son bienes nacionales de uso público.*

*Esceptúanse las vertientes que nacen i mueren dentro de una misma heredad; su propiedad, uso i goce pertenece a los dueños de las riberas, i pasan con estos a los herederos i demas sucesores de los dueños.*

Por este artículo, se reconoce al dueño de una vertiente el derecho de hacer uso de toda el agua de ella, del modo que crea mas conveniente; pero si por incuria o por cualquiera otra causa deja pasar el agua sin hacer uso de ella, o empleando solamente una parte, los vecinos de mas abajo pueden aprovecharla i adquirir un derecho a una parte de ella por prescripcion, haciendo trabajos para dirijirla a sus fundos; si despues el dueño de esa vertiente quiere emplear toda el agua, sea porque quiere aumentar sus terrenos de regadío, sea porque regando el mismo número de cuadras en razon de la escasez, la necesite toda; los vecinos que han adquirido dominio por prescripcion, pueden obligar al dueño del terreno donde nace la vertiente a dejar pasar una parte del agua proporcionalmente a la cantidad que gozaban en años ordinarios. Por la razon sencilla que estas aguas habían perdido su carácter de agua, que nacen i mueren en la misma heredad.

En este año de escasez varios casos semejantes se han presentado en el departamento de la Ligua, i el Gobernador aunque no era autoridad competente las ha juzgado así por lo apremiante del asunto, dejando a salvo los derechos que creyeran tener los querellantes, para hacerlos valer delante de los tribunales de justicia, i creo que los jueces hubieran fallado del mismo modo.

Si una hacienda donde existe una vertiente que nace i muere en ella, se divide en hijuelas sin determinar que toda el agua queda a beneficio de una de ellas, se deben repartir estas aguas igualmente entre las hijuelas. Así se juzgó por el juez letrado de Santiago en noviembre 14 de 1859, en la causa seguida por don Nicolas Alvano, con don Pedro Antonio Herrera.

Art. 596. *Los grandes lagos que pueden navegarse por buques de mas de cien toneladas, son bienes nacionales de uso público.*

*La propiedad, uso i goce de los otros lagos pertenecen a los propietarios riberanos.*

En este caso los lagos que no pueden servir para la navegacion de buques de mas de cien toneladas, se asemejan a las aguas de vertientes, i se pueden hacer las mismas observaciones que para estos úl-



timos, i si se quiere establecer algunos trabajos para sacar esas aguas para regar otros terrenos que los pertenecientes a los riberanos de estos lagos, no podria hacerse sino con el consentimiento de los propietarios. Si estos lagos sirven para alimentar las vertientes que dan agua a alguna quebrada, i que los riberanos de estas quebradas hayan adquirido derecho a las aguas que corren por ellas, el dueño o dueños del lago, deberán respetar estos derechos adquiridos, i no podrán ejecutar trabajos para aprovechar las aguas del lago destruyendo las vertientes.

Este caso puede presentarse dentro de pocos años para los lagos naturales que se encuentran en varias partes de la cordillera.

.....

Art. 598. *El uso i goce que para el transito, riego, navegacion i cualquiera otros objetos, corresponden a los particulares en las calles, plazas, puentes i caminos públicos, en el mar i sus playas, en rios i lagos i jeneralmente en todos los bienes nacionales de uso público, estarán sujetos a las disposiciones de este Código, i a las ordenanzas jenerales o locales que sobre la materia se promulguen.*

Estas ordenanzas jenerales i locales, son las reglas que pueden dictar las Municipalidades, «para el buen uso de las aguas mientras corran por el cauce natural i ordinario, i para determinar jeneralmente la forma i seguridad con que deben construirse las tomas o los marcos de las acequias o canales que de dichos rios se sacaren.» (Lei sobre la organizacion i atribuciones de las Municipalidades, art. 118).

Es de sentir que hasta ahora, ninguna Municipalidad a lo que creo, ha formulado ordenanzas sobre la materia como tienen obligacion i derecho de hacerlo; de modo que, en años de escasez, son riñas interminables entre los vecinos i el que puede mas o es mas atrevido es el que logra mas agua con perjuicio de tercero.

.....

.....

Art. 603. *No se puede sacar canales de los rios para ningun objeto industrial o doméstico, sino con arreglo a las leyes u ordenanzas respectivas.*

«Las mercedes o permisos para sacar agua de un rio o estero corresponde al jefe del departamento en que el sáque o toma haya de establecerse, sin que en virtud de estas mercedes se adquiera mas derecho que el que corresponda por las leyes comunes, atendidas la antigüedad i preferencia en la merced entre los varios interesados.» (Lei

sobre la organizacion i atribuciones de las Municipalidades, art. 118.)

Cuando un rio divide dos departamentos, las Municipalidades no pueden espedir reglamentos para el arreglo de las aguas, porque entónces dos Municipalidades podrian chocar, en ese caso no hai mas que el Presidente de la República que puede intervenir en la materia, segun el art. 119 de la lei sobre organizacion i atribuciones de las Municipalidades, que dice así:

«El dictar reglas de policia respecto de los rios que dividan departamentos o provincias, sobre actos que no sean el simple uso de las riberas corresponde al Presidente de la República; i si esas reglas recayecen sobre la policia de navegacion de los mismos u otro uso semejante, i se asignan penas de policia deberá procederse con acuerdo del Consejo de Estado.»

Por falta de estas ordenanzas, en años de escasez como éste, los Intendentes, por lo apremiante del caso, han querido imponer algunas reglas en la reparticion de las aguas, lo que ha dado lugar a acusaciones en contra de ellos. Seria de desear que para el adelanto de la agricultura, que las Municipalidades i el Presidente de la República promulgasen ordenanzas sobre la materia, como tienen obligacion i derecho.

Mas adelante me ocuparé especialmente de estas ordenanzas.

## TÍTULO XI.

### DE LA SERVIDUMBRE.

.....

Art. 820. *Servidumbre predial o simplemente servidumbre, es un gravámen impuesto sobre un predio en utilidad de otro predio de distinto dueño.*

Art. 821. *Se llama predio sirviente el que sufre el gravámen, i predio dominante el que reporta la utilidad.*

*Con respecto al predio dominante la servidumbre se llama activa, i con respecto al predio sirviente, pasiva.*

Art. 822. *La servidumbre continua es la que se ejerce o se puede ejercer continuamente, sin necesidad de un hecho del hombre, como la servidumbre de acueducto por un canal artificial que pertenece al predio dominante.*

Para que pueda establecerse una servidumbre por derecho de pres-

cripcion, es preciso que hayan hechos materiales que la indiquen, i que sean hechos que hayan podido ser estorbados por el dueño del fundo sirviente: pero, si estos hechos no están al alcance del hombre evitarlos, no pueden alegarse para constituir una servidumbre. Así, un ejemplo hará resaltar mejor esta esplicacion.

Supongo que una acequia atravesase un potrero de un predio sirviente, i despues de muchos años el dueño del predio dominante necesita dar otro curso a su acequia por ser así mas conveniente a sus intereses. El dueño del predio sirviente no puede impedirselo con pretesto que ya se ha establecido una servidumbre a esta acequia en favor de su fundo para abrevar sus animales, porque no dependia de la voluntad del dueño de la acequia impedir a los animaldes del predio sirviente abrevarse en ella.

Así falló el tribunal en noviembre 23 de 1850, i aprobó ese fallo la Corte de Apelaciones de Santiago, en la causa que siguió doña Juana Vargas para impedir a don Mariano Sánchez mudar una acequia que pasaba por uno de sus potreros, alegando derecho de prescripcion a ella: diciendo que ya se habia establecido servidumbre de abrevadero a la tal acequia por servir a los animales del potrero hacia ya como sesenta años.

### § 1.º

#### DE LAS SERVIDUMBRES NATURALES.

. . . . . : . . . . .  
 . . . . . : . . . . .

Art. 833. *El predio inferior está sujeto a recibir las aguas que descenden del predio superior naturalmente; es decir, sin que la mano del hombre contribuya a ello.*

*No se puede por consiguiente dirigir un albañal o acequia sobre el predio vecino, si no se ha constituido esta servidumbre especial.*

*En el predio servil no se puede hacer cosa alguna que estorbe la servidumbre natural, ni en el predio dominante que la grave.*

Por el último inciso de este artículo, no se puede echar en el fundo vecino las aguas resultantes de los riegos; aunque no se hagan desagües i por consecuencia no se dirijan las aguas al fundo de abajo por acueducto; porque sería hacer algo en el fundo dominante que agravaria la servidumbre del predio servil.

En este caso, lo mismo que en el de desocuparse de las aguas de lluvia que pudieran formar pantanos, sería preciso, como lo explica el

art. 870, establecer una servidumbre. Este establecimiento de servidumbre se consigue presentándose al tribunal, que despues de haber nombrado un perito, para tener entera seguridad de la necesidad de establecerla, fallará conformándose el dueño del fundo dominante, a los arts. 865 i siguientes; pero siempre con las restricciones indicadas en el art. 862; «que las casas, corrales, patios, huertas i jardines que de ellas dependen, no están sujetos a la servidumbre de acueductos.»

Art. 834. *El dueño de una heredad puede hacer de las aguas que corren naturalmente por ella, aunque no sea de su dominio privado, el uso conveniente para los menesteres domésticos, para el riego de la misma heredad, para dar movimiento a sus molinos u otras máquinas i abreviar sus animales.*

*Pero aunque el dueño pueda servirse de dichas aguas deberá hacer volver el sobrante al acostumbrado cauce a su salida del fundo.*

En este caso, por no nacer estas aguas en el fundo del que las emplea, no puede dar al sobrante de ellas otro curso natural, aunque no haya dueño mas abajo que tenga derecho a ellas por prescripcion. Es la diferencia que hai con el dueño de unas aguas que nacen en el mismo fuudo: este dueño, en el caso que ningun vecino situado mas abajo que él tenga derecho a ellas por prescripcion, puede perder estas aguas del modo que crea mas conveniente, sea cambiándolas de su cauce natural para botarlas en otro, sea perdiéndolas por medio de pozos absorbentes.

Art. 835. *El uso que el dueño de una heredad puede hacer de las aguas que corren por ella se limita:*

1.º *En cuanto el dueño de la heredad inferior haya adquirido por prescripcion u otro título el derecho de servirse de las mismas aguas; la prescripcion en este caso será de diez años, contados como para la adquisicion, i correrá desde que se hayan construido obras aparentes destinadas a facilitar o dirigir el descenso de las aguas en la heredad inferior;*

2.º *En cuanto contraviniere a las leyes i ordenanzas que provean al beneficio de la navegacion o flote, o reglen la distribucion de las aguas entre los propietarios riberanos;*

3.º *Cuando las aguas fueren necesarias para los menesteres domésticos de los habitantes de un pueblo vecino, pero en este caso se dejará una parte de la heredad i se la indemnizará de todo perjuicio inmediato.*

*Si la indemnizacion no se ajusta de comun acuerdo podrá el pueblo pedir la expropiacion del uso de las aguas en la parte que corresponda, i en conformidad al art. 12 de la Constitucion, núm. 5.*

Es claro por este artículo, que mermando mucho el agua en años de escasez aunque ésta no sea suficiente para regar todo el fundo por donde pasó, o simplemente la parte de fundo que tenia por costumbre de regar en años ordinarios, el dueño de este primer fundo, no podrá emplear toda el agua sino solamente una parte, que será proporcional a los terrenos que regaba, tanto él como los otros vecinos de abajo, que tienen derecho a esas mismas aguas por prescripcion i tambien proporcionalmente al agua que corre por el cauce.

En el primer inciso se ve que se adquiere el derecho por prescripcion en esta materia, por un goce no interrumpido de ella durante diez años seguidos, despues de haber ejecutado trabajos aparentes para dirijirlas. Esta lei es mas favorable para la agricultura bajo este respecto que la misma lei de Cerdeña, por exigir ésta treinta años de goce para adquirir el mismo derecho.

Por el tercer inciso, se debe entender que esta agua que necesitan los habitantes de un pueblo para sus menesteres domésticos, no es la que corre por el mismo cauce donde la sacaban ántes, i por lo mismo no habian adquirido dominio por prescripcion sobre ella. Este caso puede presentarse en años de escasez cuandola fuente o quebrada donde un pueblo saca sus aguas se seca, o bien que por el acrecentamiento del mismo pueblo no alcanza para sus menesteres el agua que empleaba ántes; entónces se deberá indemnizar a los dueños del agua que se necesita de los perjuicios que pueda causarles la prescripcion de ella. Tambien en el caso, aunque raro, que la cantidad de agua que necesita un pueblo en años de escasez sea mayor que la que le toca por derecho en proporcion de la que corre por el cauce, se debe en justicia indemnizar al vecino o vecinos que se despojan, solamente de los perjuicios causados por la privacion de la cantidad de agua que se emplea de mas, que la que podria tocarle al mismo pueblo en la reparticion proporcional que se debe hacer de las aguas.

Se ve claramente por las espresiones, *cuando las aguas fueren necesarias para los menesteres domésticos de los habitantes de un pueblo vecino*, que los habitantes de un pueblo no pueden exigir agua para el regadío de sus arboledas i chácaras en años de escasez, con preferencia a los vecinos de mas arriba o mas abajo del pueblo, que tienen derecho a las mismas aguas, la preferencia que les concede la

lei es solamente para la que pueden necesitar para los menesteres domésticos.

Aun de este inciso tan claro de la lei, siempre los dueños de las chácaras de los alrededores de un pueblo, en tiempo de escasez, piden a las autoridades que éstas despojen a los dueños de las haciendas vecinas de sus aguas, alegando que formando ellos parte de los habitantes de un pueblo deben ser privilegiados en las aguas.

Art. 836. *El uso de las aguas que corren por entre dos heredades corresponde en comun a los dos riberanos, con las mismas limitaciones, i será reglado en caso de disputa por la autoridad competente, tomándose en consideracion los derechos adquiridos por prescripcion u otro título, como en el caso del artículo precedente, núm. 1.*

Por este artículo i el anterior, es natural creer, que dos o mas vecinos teniendo el mismo derecho por prescripcion a las aguas de un rio, si llega un año de escasez, la poca agua que correrá por el cauce, deberá ser dividida proporcionalmente al agua que pasa; i por la palabra, *con las mismas limitaciones*, deberá ser dividida tambien proporcionalmente a las cantidades de cuadras que regaba cada vecino en años ordinarios. Este mismo caso que puede presentarse entre dos vecinos puede ofrecerse tambien entre dos departamentos que riegan con el agua de un rio que los divide; entonces la reparticion de estas aguas debe ser proporcionalmente al número de cuadras que tienen que regar cada departamento.

Se deduce de esta esplicacion, que creo ser la verdadera de la lei, que el decreto de la Intendencia de Aconcagua de fecha 8 de octubre de 1863, determinando, vista la escasez del agua que traia el rio de San Felipe este año, de repartirla por mitad entre los dos departamentos de San Felipe i los Andes, es contrario al derecho adquirido por este último departamento; aunque se alegó para apoyar la justicia de ese decreto, que teniendo el departamento de San Felipe mas plantales, sin embargo de tener menos cuadras de regadío que el de los Andes, el perjuicio que recibiria el primero por falta de riego, seria mayor que el que resultaria al último.

Si esta lei se entendiera, que en años de escasez, las aguas de un rio que divide dos vecinos, les debe pertenecer por partes iguales, daria lugar a perjuicios incalculables i seria poco aliciente para la agricultura; en efecto, un vecino que tuviera pocas cuadras de regadío, tendria siempre agua de sobra, mientras tanto que el otro que tuviera mas cuadras, estaria padeciendo. Resultaria tambien un hecho

práctico de bastante trascendencia entre el departamento de Santiago i el de Rancagua; estos dos departamentos riegan tierras con el agua del rio Maipo que los divide, pero, en el departamento de Rancagua, se riega poco mas o menos la quinta parte de los terrenos del departamento de Santiago: dando a esta lei la interpretacion anterior, el departamento de Rancagua, en años de escasez, podria pedir la mitad de las aguas del rio; de este modo no padeceria mientras tanto que en el departamento de Santiago se perderian, no solamente las sementeras i pastos, sino hasta la mayor parte de los plantales por faltarles el agua.

*Art. 837. Las aguas que corren por un cauce artificial construido a espensa ajena, pertenece esclusivamente al que con los requisitos legales haya construido el cauce.*

Por este artículo ningun vecino tiene derecho de exigir, aun pagando el aumento de gastos que puede orijinarse, hacer pasar sus aguas por un cauce artificial si el dueño de éste no lo consiente.

Se habia pedido en Francia cuando se discutió en 1845, la lei sobre las irrigaciones, el derecho para cualquiera de hacer uso de las aguas sobrantes que podian pasar por un canal ya construido; pagando esta agua por su justo valor al dueño del cauce, bajo el pretesto, de beneficiar el ramo de agricultura; pero se contestó, que con semejante derecho, se orijinaria una multitud de pleitos; siendo difícil de probar que un dueño de canal tenia agua de sobra: en consecuencia esa proposicion fué desechada.

Si se considera esta proposicion bajo otro aspecto, es decir, no pedir el sobrante del agua que puede pasar por un canal, sino el derecho de aumentar el agua que pasa por él dándole mas capacidad, se puede en ese caso poner marcos partidores, i será lo mismo que una sociedad de regadío que se formara para el riego de una cantidad cualesquiera de terreno, no podria orijinar mas pleitos que los que se orijinan en semejantes sociedades.

Un vecino no pudiendo adquirir el derecho de hacer pasar aguas por un cauce ya abierto, pagando por su justo precio los trabajos ya ejecutados en proporcion del agua que necesita hacer pasar, pagando a mas todos los trabajos nuevos que se tuviera que emprender para lograr su objeto, así que los perjuicios que podrian orijinar semejantes trabajos a los predios sirvientes darian lugar a dos inconvenientes: uno relativo al adelanto de la agricultura i el otro cau-

sando perjuicio a todos los terrenos que tuviera que atravesar un nuevo canal.

1.º El perjuicio relativo al adelanto de la agricultura es, que ese vecino, teniendo que abrir nuevo cauce, no tenga con que hacer semejante gasto, por estar muy lejos del lugar donde podría tomar el agua para sus riegos, gastos que serían mucho menores pasando su agua por un cauce abierto ya, y así podría habilitar tierras para el cultivo que de otro modo sin ese derecho no podría ejecutar.

2.º El perjuicio relativo a todos los terrenos que tuviera que atravesar un nuevo canal es fácil de comprender, teniendo que partir el nuevo canal, talvez todos los terrenos que ya tienen la servidumbre del primero, quitando así a la agricultura una parte no despreciable de terreno que son en jeneral los mejores en perjuicio de tercero.

Este artículo sería bueno en el caso que todos los terrenos que atraviesa el primer canal y que debiera atravesar el segundo, fueran del propietario del primer canal. En este caso es seguro que para no sufrir el perjuicio de dejar partir sus terrenos por un canal nuevo, el propietario del canal entraría inmediatamente en arreglos con el vecino para que éste pasara sus aguas por su canal.

Con una modificación semejante de este artículo estoy persuadido que no solamente la agricultura ganaría mucho, sino también se aumentaría en muchas partes la extensión de los terrenos de regadío.

Art. 838. *El dueño de un predio puede servirse como quiera de las aguas de lluvia que corren por un camino público y torcer su curso para servirse de ellas. Ninguna prescripción puede privarle de este uso.*

Este artículo es favorable para evitar la pérdida de los caminos, por el efecto de llevar aguas a la orilla de ellos hasta los predios que hubiesen adquirido derecho a ellas por prescripción, siendo ventajoso a estas clases de obras que no tengan aguas a sus orillas. Por la misma razón el art. 25 de la ley de caminos promulgada en el año de 1842 dice «Es prohibido conducir las aguas por el terreno de los caminos siguiendo su dirección.»

### § 2.º

#### DE LAS SERVIDUMBRES LEGALES.

.....

Art. 860. *Las mercedes de agua que se conceden por autoridad*



*competente, se entenderán sin perjuicio de derecho anteriormente adquiridos a ellos.*

Las autoridades competentes para conceder estas mercedes son los jefes de los departamentos, segun el art. 118 de la lei sobre organizacion i atribuciones de las Municipalidades.

Art. 861 *Toda heredad está sujeta a la servidumbre de acueducto en favor de otra heredad que carezca de las aguas necesarias para el cultivo de sementeras, plantaciones o pastos, en favor de un pueblo que las haya menester para el servicio doméstico de los habitantes, en favor de un establecimiento industrial que las necesite para el movimiento de sus máquinas.*

Esta servidumbre consiste en que pueden conducirse las aguas por la heredad sirviente a espensas del interesado, i está sujeta a las reglas que van a espresarse.

Por acueducto se debe entender no solamente los cauces de albañilería para conducir aguas, sino tambien cualquier cauce que esté abierto en la tierra simplemente sin trabajo de albañilería, aun que ese cauce, esté establecido superior o inferiormente al nivel del terreno mismo; de modo que servidumbre de acueducto, quiere decir, servidumbre del paso forzado del agua sobre un predio ajeno.

Este artículo es la sancion del principio reconocido por la lei de 18 de noviembre de 1819. Este mismo principio existía en Italia desde ántes del siglo X: es este mismo principio que ha permitido a ese pais adelantar mas que ninguno otro en su agricultura.

Art. 862. *Las casas, los corrales, patios, huertas i jardines que de ellas dependen, no estan sujetos a la servidumbre de acueductos.*

Segun este artículo, no hai que distinguir si son casas de habitacion o simplemente edificios sirviendo a la esplotacion de un fundo; tales como pajales, graneros, etc. Todos estan escento de la servidumbre, así como los patios i huertas aunque no estén cerradas por paredes o cercas.

Art. 863. *Se hará la conduccion de las aguas por un acueducto que no permita derrames, en que no se deje estancar el agua ni acumular basuras, i que tenga de trecho en trecho los puentes necesarios para la cómoda administracion i cultivo de las heredades sirvientes.*

En el caso de un canal mal construido, causando perjuicios, volviendo yegoso un terreno, el dueño del fundo perjudicado puede pedir

indemnizacion de perjuicios i que se arregle el acueducto de modo de hacer desaparecer esta causa de incomodidad e insalubridad lo que esplica el art. 865.

Art. 864. *El derecho de acueducto comprende el de llevarlo por un rumbo que permita el libre descenso de las aguas, i que por naturaleza del suelo no haga excesivamente dispendiosa la obra.*

*Verificadas estas condiciones, se llevara el acueducto por el rumbo que menos perjuicio ocasione a los terrenos cultivados.*

*El rumbo mas corto, se mirará como el menos perjudicial a la heredad sirviente, i el menos costoso al interesado, sino se probase lo contrario,*

*El juez conciliará en lo posible los intereses de las partes, i en los puntos dudosos desidirá, a favor de las heredades sirvientes.*

Por este artículo se debe procurar llevar el acueducto por el rumbo mas corto para evitar a la heredad sirviente el mayor gravámen que el estricto e indispensable; pero el lejislador pone esta obligacion condicionalmente por encontrarse algunas veces en ese rumbo, dificultades que no podrian superarse sino por medio de gastos excesivos, lo que agravaria precisamente el gasto de produccion i retraeria al hombre emprendedor a beneficiar su heredad con el regadío. Para evitar ese perjuicio se dejó a la disposicion del juez el resolver la cuestion en cada caso que se presente sobre la materia.

Art. 865. *El dueño del predio sirviente tendrá derecho para que se le pague el precio de todo el terreno que fuere ocupado por el acueducto; el de un espacio a cada uno de los costados, que no bajará de un metro de anchura en toda la estension de su curso, i podrá ser mayor por convenio de las partes, o por disposicion del juez, cuando las circunstancias lo exijieren; i un diez por ciento mas sobre la suma total.*

*Tendrá ademas derecho para que se le indemnice de todo perjuicio ocasionado por la construccion del acueducto i por sus filtraciones i derrames que pueden imputarse a defecto de construccion.*

Este artículo es mas favorable a la empresa de semejantes obras en Chile, que las mismas leyes de Italia, porque en estas últimas leyes se determina el pago de una quinta parte a mas del valor del terreno, cuando aquí es solamente la décima parte.

En los perjuicios que debe pagar el dueño del canal debe entrar no solamente el valor del terreno ocupado i de los árboles corta-

dos etc, sino tambien la merma de valor que recibirá el fundo por ser dividido en dos o varias partes.

Art. 867. *El dueño del acueducto podrá impedir toda plantación u obra nueva en el espacio lateral de que habla el art. 865.*

Es evidente que la obra i el espacio lateral del cual habla el art. 865, ya no pertenece al dueño del fundo sirviente, habiendo el dueño de la obra pagado su valor, pero tambien seria natural que se hubiese prohibido al dueño del canal la facultad de hacer plantaciones en el espacio lateral de la obra que tuvo que pagar segun el art. 865, por ser la sombra de los árboles, así que las hojas cuando caen, perjudiciales a las plantas del fundo sirviente.

Art. 868. *El que tiene a beneficio suyo un acueducto en su heredad puede oponerse a que se construya otro en ella, ofreciendo paso por el suyo a las aguas de que otra persona quiera servirse; con tal que de ello no se siga un perjuicio notable al que quiera abrir el nuevo acueducto.*

*Aceptada esta oferta, se pagará al dueño de la heredad sirviente, el valor del suelo ocupado por el antiguo acueducto (incluso el espacio lateral de que habla el art. 865), a prorata del nuevo volumen de agua introducido en él, i se le reembolsará además en la misma proporcion lo que valiere la obra en toda la longitud que aprovechase al interesado.*

*Este, en caso necesario, ensanchará el acueducto a su costa, i pagará el nuevo terreno ocupado por él, i por el espacio lateral i todo otro perjuicio, pero sin el diez por ciento de recargo.*

Hemos visto por el art. 837, que el dueño de un predio inferior no podria exigir el paso del agua por un cauce ya abierto, i eso para evitar, sin duda, como se ha visto cuando se trata de ese artículo, que semejante prohibicion es un embarazo muchas veces para la agricultura i un perjuicio grande para los predios sirvientes. En el caso que el dueño del acueducto lo es del terreno donde se encuentra dicha obra; como todo poseedor de un objeto tiene facultad de hacer de él lo que crea mas conveniente, el lejislador quiso que habiendo avenimiento de las partes para que las aguas pasen por una misma acequia, estipular los pagos que debe hacer la persona beneficiada.

Art. 869. *Si el que tiene un acueducto en heredad ajena quiere introducir mayor volumen de agua en él, podrá hacerlo, indemnizando de todo perjuicio a la heredad sirviente. I si para ella*

*fueren necesarias nuevas obras, se observará respecto de éstas lo dispuesto en el art. 865.*

Este artículo sería aplicable aun en el caso que se hiciera, como dije, una modificación al art. 837.

Art. 870. *Las reglas establecidas para la servidumbre de acueductos se estienden a los que se construyan para dar salida i direccion a las aguas sobrantes, i para desecar pantanos i filtraciones naturales por medio de zanjas i canales de desagües.*

La lei de Cerdeña no solamente admite el mismo principio para las aguas sobrantes de las irrigaciones de los predios superiores, sino que obliga a los vecinos de mas abajo de pagar al dueño de las aguas de mas arriba, cuando quieren hacer uso de ellas, si la ventaja que sacan es mayor que los perjuicios que pueden causarles.

Por lo que toca a la relacion de los vecinos respecto de los caminos, la lei promulgada en 1842 dice lo siguiente: “Art. 24. Los propietarios de los terrenos colindantes (de los caminos) son obligados a recibir estas aguas, pero precisamente se les avisará con anterioridad, o se les oirá sumariamente sobre ello, para solo el efecto de evitarles los perjuicios cuando sea posible.

Art. 871. *Abandonado el acueducto, vuelve el terreno a la propiedad i uso del dueño de la heredad sirviente, que solo será obligado a restituir lo que se le pagó por valor del suelo.*

Este artículo que podría ser bueno en Europa donde el terreno tiene un valor grande i el trabajo de los peones poco retribuido, puede el dueño del terreno, con la quinta parte que ha recibido a mas de la tasacion volver el terreno a su estado primitivo, aunque es dudoso en muchos casos, pero aquí nunca podría suceder tal cosa; de modo que por este artículo si el dueño del fundo dominante quita al dueño del fundo servil la servidumbre, deja a este en peor estado, haciéndole pagar un terreno del cual no puede hacer uso. Se hubiera podido haber dicho así: *será obligado a restituir lo que se le pagó por valor del suelo, haciendo desaparecer toda señal de acueducto o devolviendo el terreno en el mismo estado que antes de haber establecido la servidumbre.*

Art. 872. *Siempre que las aguas que corren a beneficio de particulares impidan o dificulten la comunicacion con los predios vecinos, o embaracen los riegos o desagües, el particular beneficiado deberá construir los puentes, canales, i otras obras necesarias para evitar este inconveniente.*



El primer punto i el principal para que la autoridad pueda repartir en años de escasez, el agua, segun el derecho que tenga a ella cada propietario, en conformidad a las leyes jenerales, es indispensable que se opere una reforma en el modo de conceder las mercedes para abrir las boca-tomas.

Hasta ahora estos pedimentos se han hecho a los jefes de los departamentos, segun el art. 860 del Código civil, i el art. 118 de la lei sobre organizacion i atribuciones de las Municipalidades, sin determinarse por el peticionario qué cantidad de agua pretende sacar del rio; se concede lisa i llanamente la merced sin saber si con ella puede perjudicarse a los dueños de las antiguas tomas, poniendo solamente en la concesion, *sin perjuicio de tercero*: creyendo así haber cumplido con las leyes, abriendo la puerta a una infinidad de abusos i pleitos, dejando las cosas en tal estado que en años de escasez, la autoridad misma no puede desenredar la madeja. El que logra sorprender a la autoridad con una espresion tan vaga en ese caso, de, *sin perjuicio de tercero*, perjudica al que tiene mas derecho, ocasionándose de aqui cuestiones de bastante trascendencia i de consiguiente perjuicios en muchas ocasiones irreparables.

Para evitar estas injusticias, pleitos i riñas, en las cuales peligran muchas veces la vida de los ciudadanos, como se ve casi cada año, seria conveniente otorgar estas mercedes solamente despues de tener un pleno conocimiento de los perjuicios que se pueden orijinar, para evitarlos en lo posible, lo que seria sencillo del modo siguiente:

En el despacho del jefe del departamento deberia existir un libro donde se estamparian las concesiones por orden de fechas de ellas, detallando las condiciones bajo las cuales se ha concedido la merced.

Para los antiguos canales, talvez sea difícil de precisar estas fechas i las condiciones que se impusieron a los agraciados si las han habido; pero se pueden determinar la cantidad de cuadras de tierra que riegan cada canal i las dimensiones que deben tener las boca-tomas, así como la pendiente del lecho del cauce a su boca, obligando a los dueños por una lei a arreglar sus boca-tomas, como está dicho en el capítulo de esta Memoria referente a ellas.

Por lo que respecta a las nuevas concesiones, sea para abrir canales, sea para ensanchar los antiguos, no se despachará ninguna solicitud sin los requisitos siguientes:

1.º Se deberá indicar en el pedimento, el número de cuadras que se quiere regar por el canal para el cual se pide concesion, o bien la

cantidad de agua que se necesita por segundo, si es para emplearla como fuerza motriz;

2.º El sistema que se empleará para asegurar la boca-toma; i

3.º El modo como se conducirá el agua i el uso que se hará de ella, si es para el regadío o para emplearla como fuerza motriz, espresando en este último caso, qué clase de establecimiento se piensa poner en movimiento i qué fuerza se necesita.

Antes de otorgar la concesion, el jefe del departamento hará publicar la solicitud, señalando un término para que los vecinos que se crean perjudicados con el despacho de semejante pedimento, tengan tiempo para reclamar por escrito ante la autoridad i ésta pueda juzgar si estas reclamaciones son justas o nó. En el caso que no hubiesen reclamaciones de los vecinos, o que estas reclamaciones no fuesen válidas, se pasará la solicitud al ingeniero de la Provincia, quien examinará si los trabajos de arte que ha indicado el solicitante son los convenientes; de lo contrario señalará los que la autoridad deba exigir para asegurar que las condiciones bajo las cuales se haga la concesion, no sean burladas; i en fin, todas las observaciones que creyere conveniente sobre el particular para el bien jeneral.

Con el sistema que se ha seguido hasta aquí, de no determinar en los pedimentos la cantidad de agua que debe emplear el peticionario así como el ancho de la boca-toma, resulta que es imposible que los tribunales puedan determinar la cantidad que el dueño del predio dominante debe abonar al dueño del predio servil, lo que origina pleitos en los cuales salen casi siempre perjudicados los dueños de los terrenos en donde debe establecerse la servidumbre, porque el dueño del canal, abre jeneralmente éste mui angosto i cada año en las limpias, le da mas ensanche; de modo que si se quisiera seguir los artículos del Código civil se haria cada año una tasacion nueva de terrenos i perjuicios i por consecuencia pleito nuevo, que importarian mas que el valor del terreno en litijio.

Con un arreglo o mas bien con un desarreglo semejante, quedan perjudicados: 1.º los concesionarios mas antiguos que han adquirido su derecho a las aguas de un río; 2.º los dueños de los terrenos donde se debe establecer la servidumbre para el paso del canal; 3.º los dueños de los terrenos ribeños por falta de boca-toma firmes, que impidan que en las avenidas, las aguas destruyan las riberas; i en fin queda perjudicado el mismo agraciado por los pleitos que tiene que sostener i todo en perjuicio de la agricultura i del adelanto del país.

En los lugares donde existe un solo canal, sirviendo al regadío de terrenos pertenecientes a varios propietarios, o bien en los lugares donde se encuentran varios canales, la autoridad debería poner arreglo entre los vecinos, formando una sociedad en cada canal, determinando unos reglamentos poco mas o ménos, como el siguiente: sacado en su mayor parte de las ordenanzas de Lombardía, sobre las asociaciones de vecinos para este caso.

REGLAMENTO PARA ASOCIACIONES DE CANALES.

1.º Cada sociedad de canal será representada cerca de la autoridad por delegados de los mismos interesados al canal, cuyo número será determinado por la autoridad misma i nombrados por los interesados por escrutinio secreto, que se hará delante del Gobernador o del subdelegado cuando el lugar esté distante del pueblo. El gobernador o el subdelegado designará el día i hora del escrutinio, siendo presidida la reunion por el gobernador o por una persona designada por él.

2.º Si el número de los interesados presentes no representa la tercera parte de los socios, los que asisten escojerán los delegados en una lista formada por la autoridad, en la cual se habrán inscrito los principales interesados en número triple del de los delegados que se tiene que nombrar.

3.º Cada dos años se renovará uno de los delegados. La suerte designará para la salida del empleo entre los primeros delegados, cuando los primeros elejidos habrán sido renovados así, se seguirá renovando uno cada dos años, pero el que dejará de serlo será el mas antiguo nombrado; los delegados salientes pueden ser reelejidos indefinidamente.

4.º Los delegados nombrarán un presidente que funcionará un año. La presidencia pasa sucesivamente a cada uno de los delegados. Para los primeros elejidos la mayoría de los votos lo nombrarán, para los otros se elije el mas antiguo delegado.

5.º Los delegados fijarán los días de sus reuniones ordinarias. El gobernador i el presidente de ellos puede convocarlos extraordinariamente. El presidente hace ejecutar el resultado de las deliberaciones, si no se nombra una persona especialmente para ello.

6.º Las atribuciones de los delegados son: la revision del canal i de las construcciones hidráulicas de las boca-tomas, de los puentes, etc., la reparacion de estas obras i la revision i aprobacion de las cuentas de gastos.



7.º Deliberarán sobre los asuntos de su competencia a la pluralidad absoluta de votos.

8.º Cuando hai trabajos nuevos que ejecutar, tales como ensanchar el canal o prolongarlo, rehacer las boca-tomas o cualquier trabajo que no sea de simple reparacion, los interesados estarán convocados i nombrarán un número de delegados extraordinarios igual al número de los delegados ordinarios.

9.º La reunion de los delegados antiguos con los nuevos formará una nueva delegacion extraordinaria, que deliberará sobre los trabajos propuestos i sobre la ejecucion de ellos.

10. El resultado de las deliberaciones de la delegacion extraordinaria será sometida a la Intendencia, siendo indispensable su aprobacion. Los trabajos propuestos siendo aprobados por la autoridad, la delegacion ordinaria procederá a su ejecucion.

11. Las disposiciones de los arts. 8.º i 9.º son 'aplicados, cuando la autoridad toma la iniciativa para la ejecucion de trabajos nuevos para reformar los antiguos.

12. Cada delegacion debe tener un tesorero.

13. Cada tres años i aun mas repetidas veces, el ingeniero de la provincia revisará los canales de ella, verificando segun las señales puestas, los abusos que pueden haberse cometido, en los cuales informará a la Intendencia, determinando los trabajos que hai que ejecutar para hacerlos desaparecer. Si la delegacion rehusa ejecutar los trabajos indicados, la Intendencia dará las órdenes competentes para que se ejecuten.

14. En los momentos de escasez o de avenidas, si es necesaria una guardia especial i momentánea, la delegacion debe nombrarla segun la necesidad i usos locales.

15. Cuando se deberán limpiar las acequias o canales, los delegados darán préviamente aviso a la autoridad, para que si ella lo creyere conveniente, mande un comisionado para revisar, si no se ha cambiado las señales puestas, tanto para determinar la hondura como el ancho del canal.

16. La delegacion nombrará de su seno una persona idónea para clasificar los interesados i determinar la proporcion en la cual cada uno debe contribuir para los trabajos, tanto nuevos como de reparaciones.

Estas clasificaciones serán publicadas para que los interesados que se creyeran perjudicados puedan reclamar a la gubernatura en un tiempo señalado.

El gobernador despues de haber recibido las quejas resolverá i pasará los datos sobre el asunto a la Intendencia para que ésta resuelva.

17. Las multas impuestas, por las contravenciones serán en pro-vecho de la asociacion i serán remitidas al tesorero.

18. El tesorero hará los pagos sobre listas llevando el V.º B.º del presidente i de un delegado.

19. El tesorero debe presentar las garantías necesarias para su empleo; será nombrado por la delegacion i bajo su responsabilidad.

Es declarado deudor de la suma total de las imposiciones quince dias despues del término de entrega en que la haya recibido o no.

20. A la conclusion de cada año, la delegacion debe presentar a la gobernatura las cuentas de gastos con la indicacion del activo i pasivo de la caja, una vez aprobada se pasará a la Intendencia.

21. Las reclamaciones de los interesados contra las delegaciones deben ser remitidas al gobernador que despues de haber oido la delegacion resolverá segun los casos.

Si las reclamaciones son sobre derecho, se consultará a la Intendencia ántes de resolver.

22. Cada delegacion presentará a la gobernatura que remitirá a la Intendencia un proyecto de reglamento para la conservacion de los objetos que están bajo su direccion.

23. Este reglamento es obligatorio tan luego como sea aprobado por la autoridad competente.

Estos reglamentos con pocas modificaciones pueden aplicarse en el caso que se formen asociaciones de vecinos para desecar en comun sus propiedades.

## II.

### De los varios sistemas de regadío.

Se distinguen siete sistemas de regadío, que son los siguientes:

- 1.º Regadío por sumersion.
- 2.º id. por infiltracion.
- 3.º id. por acequias niveladas i planos inclinados de cada lado de ellas.
- 4.º id. por acequias niveladas i planos inclinados de un lado solamente.
- 5.º id. abriendo acequias regadoras en forma de espigas.

6.º Regadío empleando medios planos inclinados.

7.º id. por surcos.

La configuracion del suelo i su pendiente determina el método o métodos de regadío que se deben emplear, sea adoptando un sistema solo, sea combinando dos o mas de ellos; pero para hacer una eleccion mas acertada, es indispensable antes de principiari cualquier trabajo tener un plano exacto del terreno que se quiere beneficiar con el regadío, indicando detalladamente las pendientes del suelo para poder de este modo estudiar i preparar el proyecto sobre el mismo plano. Teniendo estos datos, es fácil en seguida trazar sobre el terreno por medio de estacas, el lugar donde deben abrirse las acequias regadoras e indicar cualquier otro trabajo que se tenga que ejecutar para la libre corriente del agua, para que así ningun pedazo de terreno quede sin aprovechar, no solamente los beneficios del regadío, sino tambien para que todo el terreno quede despues del regadío en un mismo grado de humedad; de lo contrario se veria aparecer en los cultivos, como unas especies de manchas de plantas mas débiles que las vecinas del mismo campo i todas las plantas de un mismo sembrado no llegarian en igual tiempo al mismo grado de madurez; lo que daria pérdidas al dueño, sea que queriendo aprovechar mayor cosecha tenga que despreciar la parte poco madura del sembrado, sea que queriendo lograr ésta, tenga que atrazar la cosecha i perder el producto de la parte de plantas que han madurado anticipadamente.

#### PRIMER MÉTODO.

*Regadío por sumersion.*—Este sistema consiste en hacer desaparecer completamente el terreno bajo una capa mas o ménos alta de agua, por un espacio de tiempo mas o ménos largo, segun las especies de plantas que se cultivan, i en seguida hacer correr el agua que no ha penetrado en el terreno; cuya agua puede servir de nuevo para sumerjir otra parte del campo situado mas abajo del primero; este método puede emplearse solamente cuando se puede dividir el terreno por compartimientos.

Para emplear este sistema, es indispensable que el terreno sea casi horizontal i plano; de lo contrario se necesitaria hacer grandes movimientos de tierra, haciendo desaparecer la pendiente del terreno, lo que ocasionaria gastos crecidos; en efecto, para retener el agua en una porcion de terreno, es preciso por toda la orilla de la parte de

campo que se quiere someter a esta clase de regadío, formar pequeños diques de tierra para estancar el agua: si el terreno tuviera mucha pendiente, en la parte mas en declive del terreno seria indispensable formar construcciones costosas por su altura i grueso no obstante que se hagan de tierra solamente para contener una capa tal de agua, que ésta, en la parte mas alta del compartimiento, tenga una altura de 0,<sup>m</sup>02 a 0,<sup>m</sup>04.

Si para evitar de levantar diques altos, se subdivide el terreno en compartimientos pequeños, la suma del largo de los diques que se tenga que ejecutar hará subir el gasto a una cantidad nada despreciable; i ese gasto seria para conseguir pastos de poco valor i de bastante mal gusto para los animales.

Este sistema puede solamente servir con provecho en los terrenos con pendientes, cuando se quiere formar terrenos para el cultivo, por ejemplo, en los terrenos de cascajo u otros terrenos desnudos de tierras vegetales, i aun en el caso de tener aguas turbias sobrantes que se quiera aprovechar.

Cuando se posee terrenos de menos de 0,<sup>m</sup>01 de pendiente, siendo esa pendiente de terreno la mayor en la cual se puede emplear económicamente este método, se debe abrir canales de desagües en la parte mas en bajo del terreno, para que poniéndolos en comunicacion con el compartimiento lleno de agua, i desocupe el terreno en el menor tiempo posible; tambien es bueno i algunas veces indispensable, cuando en el mismo compartimiento se encuentra alguna parte del terreno formando pozas, abrir pequeños canales de desagües en el mismo terreno de los compartimientos i ponerlos en comunicacion con los canales de desagües que se han abierto en la parte en declive del compartimiento; de este modo queda éste en mui poco tiempo desocupado del agua que contenia.

Las ventajas de este sistema de regadío son las siguientes: segun lo espuesto par varios autores competentes sobre la materia:

- 1.<sup>a</sup> Poner al abrigo de las heladas del invierno los pastos naturales.
- 2.<sup>a</sup> Ahorrar mucho en los gastos de regadío una vez hechos los gastos de establecimiento, principalmente cuando son terrenos casi horizontales o sin pendiente.
- 3.<sup>a</sup> Emplear menos agua que en cualquier otro sistema cuando se tiene la precaucion de emplear el agua sobrante de un compartimiento para regar otro situado mas abajo; porque segun los esperimentos he-

chos por M. Keelhoff ingeniero belga, se emplea por este sistema solamente la décima parte del agua necesaria que con otro.

4.<sup>a</sup> En fin se destruyen completamente los insectos i ratones.

Todas estas ventajas están compensadas i de sobra por los inconvenientes siguientes:

1.<sup>o</sup> Muchas plantas buenas perecen por el exceso de humedad que recibe el terreno por este regadío.

2.<sup>o</sup> El pasto que crece debajo del agua es mas débil que el producido por los otros métodos i no puede resistir a las mudanzas repentinas de temperatura.

3.<sup>o</sup> Si mientras se tiene el terreno debajo del agua hai días de calor, estos días están perdidos para la vejetacion.

4.<sup>o</sup> No se puede regar el pasto cuando está para soltar la flor, como se puede hacer por los otros métodos.

5.<sup>o</sup> El pasto que da este método es mui inferior en calidad a cualquier otro.

6.<sup>o</sup> Este método puede servir solamente para regar los pastos naturales, i de ningun modo para el alfalfa o cualquiera planta cultivada.

Creo que vistas estas consideraciones, se debe emplear este sistema cuando el terreno no se presta a otro método de regadío, o cuando teniendo aguas turbias sobrantes se quiere aprovecharlas formando terreno vejetal; principalmente en los cascajales de los rios, para aprovechar terrenos que de otro modo no tiene valor ninguno.

La fig. 1, lámina I, es la representacion de un compartimiento con sus dos cortes, indicando el modo de establecerlos; *a b c d*, son los pequeños diques que rodean el compartimiento sujetando el agua; *e f*, es la acequia de desagüe que se encuentra en el centro del compartimiento con sus tubos de madera debajo de los diques; en *e i f*, por el tubo *e*, se introduce el agua en el compartimiento i por el tubo *f* se le da salida despues del regadío: estos dos tubos se tapan cuando el compartimiento está lleno de agua. A la cabecera del compartimiento se encuentra la acequia distribidora *C D*.

Estos compartimientos tienen 50 metros de largo por cada costado, i el agua sobrante de un compartimiento pasa despues que ha producido su efecto al compartimiento inferior.

Estas dimensiones son las que se han empleado con mui buen éxito por el ingeniero M. Keelhoff en los regadíos de la campiña en Bélgica

## SEGUNDO MÉTODO.

*Regadío por infiltracion.*—Este sistema de regadío consiste en humedecer el terreno por medio de pequeños canales, en los cuales el agua tiene corriente i algunas veces está sentada, pero alcanzando a un nivel inferior al del terreno que se quiere humedecer. Se emplea este sistema mui rara vez, i solamente en las partes de terreno demasiado alto para que el agua pueda alcanzar a la superficie del campo i que el terreno sea de calidad tal, que se deje penetrar fácilmente por la humedad como los terrenos areniscos; apesar de eso, es un sistema que da malos resultados por ser la humedad del suelo diferente de un pasto a otro; con efecto, cerca de las acequias el terreno está saturado de humedad creciendo allí solamente plantas pertenecientes a los terrenos pantanosos, mientras tanto que lejos de las acequias crecen otras variedades de pastos. Este sistema que mas bien se puede emplear como una escepcion para el cultivo de los árboles en terrenos que tienen demasiada altura para poder ser regados de otro modo.

## TERCER MÉTODO.

*Regadío por acequias niveladas i planos inclinados de cada lado de ellas.*—Este sistema se emplea en los terrenos que tienen naturalmente, poca pendiente, i que, por esa misma razon, regandoles, el agua los convierte luego en un terreno pantanoso, imposibilitándolo así para el cultivo del trigo i chácaras, no haciendo trabajos al propósito para quitarle la propiedad de revenirse: se consigue impedir ese efecto del agua en semejantes terrenos, trabajándolos para hacerlos propios para el empleo de este sistema de regadío que acabo de enumerar i que voi a esplicar.

Este sistema consiste en establecer perpendicularmente a la pendiente del terreno unos planos inclinados, de modo que, en la parte superior o caballete donde se reunen dos de los planos, se tenga una línea horizontal, en cuya línea se abre la acequia regadora que desparrama de cada lado para el regadío el agua que se introduzca en ella; de modo que, esa agua correrá por los planos inclinados en una capa delgada i uniforme en todo el largo de la acequia.

El agua sobrante del regadío de los planos, se recojerá en unas acequias desaguadoras que se abrirán al fin de cada plano inclinado, i la llevará afuera del fundo, o bien, si hai escasez de agua la conducirá a otras acequias regadoras situadas en partes mas bajas del primer ter-

reno; i servirá así aumentándola con agua del canal de distribucion para el regadío de otros planos inclinados.

Si se hace un corte en el terreno dispuesto para emplear este método de regadío, dirijiendo dicho corte segun la pendiente del terreno, se verá que no es mas que una sucesion de planos inclinados reuniéndose de dos en dos por la parte superior de los planos, donde se encuentran las acequias regadoras niveladas, i de dos en dos por la parte inferior, donde se encuentran las acequias regadoras.

Aunque por este sistema se pudiera dar a los planos inclinados mucha estension en terrenos de poca pendiente, no se hace por la razon sencilla, que los planos inclinados mui largos cuesta caro establecerlos i el regadío de ellos es mui difícil de conducir.

La práctica indica que los planos inclinados largos gastan mas agua para el regadío de ellos, que dos planos inclinados dando entre los dos el mismo largo que el grande, i el menor obstáculo que se encuentra en la acequia horizontal de un plano largo, basta para descomponer el regadío, de modo que se hace mucho mas difícil de conducir, como dije mas arriba.

El largo mas conveniente que se ha encontrado por la práctica que deben tener los planos, es de 25 a 30 metros, aunque en algunas partes se han ejecutado varios hasta de 90 a 100 metros i aun 200.

El ancho que debe darse a los planos inclinados seria segun la naturaleza del terreno; con efecto, la pendiente de los planos es mas grande cuando éstos son mas angostos, de modo que, cuanto mas propension tendrá un terreno para volverse vegoso, mas angostos deberán ser los planos inclinados.

Si se quisiera hacer planos anchos con la pendiente necesaria en terrenos vegosos, siendo esa pendiente en semejantes terrenos de 33 por ciento, necesitaria hacer grandes gastos para preparar el terreno; mientras tanto que en terrenos secos, la pendiente de los planos pudiendo ser desde 5 hasta 10 por ciento, se puede dar a los planos un ancho de 6 a 8 metros, sin mayores gastos; lo que dará de distancia entre las acequias regadoras 12 a 16 metros, e igual distancia entre las acequias desaguadoras. En los terrenos vegosos se debe reducir el ancho de los planos a 2 metros solamente, por razon de la pendiente enorme que debe dárseles, como dije mas arriba, i tambien por razon de economía, de modo que la distancia entre las acequias regadoras se reducirá a 4 metros i la misma distancia entre los canales desaguadores.

Para los terrenos que tienen cualidades entre los secos i los vego-

tos, se dará para el ancho de los planos, dimensiones que irán variando entre los dos extremos, segun que se acerca mas a la calidad seca o vegosa.

Cuando los planos son cortos, las acequias de regadío se hacen completamente horizontales, pero cuando son largos es indispensable darles una pendiente pequeña de 0,<sup>m</sup>01 a 0,<sup>m</sup>02 por metro; cuya pendiente no se distribuye uniformemente en todo el largo, sino de modo que el desnivel sea mayor cerca de la entrada del agua i vaya disminuyendo a medida que se aleja de la acequia de distribucion.

En la fig. 2, lámina I, se tiene una representacion de esta clase de regadío; los planos inclinados tienen 30 metros de largo con 5 metros de ancho aprovechando los estrujes del regadío de los primeros planos para regar los de mas abajo: *AB*, es la acequia distribuidora abierta segun la pendiente del terreno: las acequias *a*, *b*, *c*, *d*. son las regadoras trazadas a nivel; i los canales *e*, *f*, *g*, *h*, son los desagüadores: los canales *i* i *j*, llevan los estrujes recojidos por los canales *e*, *f*, *g*, *h*, a la acequia distribuidora, para que mezclados estos mismos estrujes con agua nueva, pueda servir para regar otra sucesion de planos inclinados. Aquí he supuesto el terreno a propósito para poder poner la acequia distribuidora entre dos hileras de planos inclinados; para que de este modo el mismo peon pueda regar de los dos lados i adelantar el regadío.

Entre cada sucesion de planos inclinados es conveniente dejar caminos para que los peones no descompongan el trabajo pasando sobre el borde de las acequias.

#### CUARTO MÉTODO.

*Regadío por acequias niveladas i planos inclinados de un lado solamente de dicha acequia.*—Este sistema es el mas perfecto de los métodos de regadío, i el que necesita menos agua juntamente con el sistema *en espigas*, que se emplea cuando el terreno es mui desigual i que costaria mucho para darle una pendiente uniforme: mas adelante me ocuparé especialmente de este último método.

Digo que este sistema es el que necesita ménos agua, por considerar el sistema por sumersion como no debiendo emplearse en Chile sino en casos que indique cuando trate de ese método.

El sistema por acequias niveladas i planos inclinados de un lado solamente, consiste en abrir en el terreno que se quiere regar, unas acequias trazadas horizontalmente i que dejarán escapar el agua por



encima del borde que está del lado del plano inclinado que se quiere regar, en una capita delgada por todo el largo de la acequia.

Todas las acequias regadoras comunican con la distribuidora, que sigue jeneralmente la pendiente del terreno, i que debe estar en cuanto se pueda perpendicular a las acequias regadoras. El agua que pasa por encima del borde de cada acequia regadora, se desparramará uniformemente sobre el plano, i la que no penetra en el terreno del plano inclinado se reune en la acequia regadora del segundo plano, que hace el efecto en este caso de canal de desagüe. Esta agua de estruje, como se llama, mezclada con agua nueva sacada de la acequia distribuidora se desparramará a su vez sobre el plano situado mas abajo de esta acequia; el sobrante va a reunirse en la tercera acequia regadora que está al pié del segundo plano inclinado; i esta agua mezclada con agua nueva sirve para regar el tercer plano inclinado; así sucesivamente hasta que la última agua que llega a la parte mas baja del paño de tierra que se quiere regar cae en el canal de desagüe.

La distancia entre dos acequias regadoras depende de la pendiente del terreno, de su forma particular i de su composicion, lo que da mas o menos facilidad para ser penetrado por el agua; pero en los lugares donde está mas adelantada esta clase de riego donde se quiere al mismo tiempo economizar el agua, la distancia entre dos acequias regadoras es de 10 a 20 metros; aunque el señor Pareto determina 40 metros de distancia para los terrenos mui compactos, pero esta regla se admite poco en la práctica. Para que el agua pueda llegar con regularidad hasta lo último de las acequias regadoras i pueda tambien desparramarse con uniformidad en capas de igual grueso, se da a la acequia solamente 50 metros de largo.

Estas acequias se trazan con mucha facilidad i economía por medio del arado, despues de haber indicado la direccion de ellas por medio de estacas puestas con el socorro del nivel de agua; se les forma una pendiente de 0,<sup>m</sup>02 a 0,<sup>m</sup>05 por metro, dándoles mas hondura a los extremos que al principio; porque el borde sobre el cual debe pasar el agua para desparramarse, debe ser enteramente horizontal, lo que se consigue por medio de un poco de tierra que va poniendo el peon encargado del regadío cuando nota algun defecto producido por el modo como se ha abierto. Estas acequias tendrán desde 0,<sup>m</sup>08 a 0<sup>m</sup>25 de hondura; i desde 0,<sup>m</sup>05 hasta 0,<sup>m</sup>18 de ancho en [el plan; el chaflan o talud, la inclinacion necesaria [para que se sostenga por sí solo el

terreno. Como dije mas arriba, tanto como sea posible, es preciso que la acequia repartidora esté trazada perpendicularmente a las acequias regadoras; de este modo estas pueden abrirse de cada lado i se puede regar al uno i otro costado al mismo tiempo, lo que es una economía en el regadío. La diversidad que se encuentra en la forma de los terrenos, no permite siempre que estas reglas se sigan exactamente sin orijinar grandes gastos; pero se puede siempre, sin grandes costos, acercarse lo mas posible a estas reglas jenerales.

Este sistema se aplica siempre con facilidad a los terrenos que tienen una pendiente que no sea menos de 0,<sup>m</sup>08 por metro, ni superior de 0,<sup>m</sup>30; pero la pendiente mas conveniente es de 0,<sup>m</sup>03 a 0,<sup>m</sup>10.

Cuando el terreno no tiene la pendiente suficiente para emplear este sistema i no se quiere emplear el método por acequias niveladas i planos inclinados de cada lado de ellas que he descrito anteriormente, se puede preparar el terreno formando escalones; pero en ese caso, el agua sobrante que llega al pié de la barranca o talud del plano inmediatamente inferior, se recibirá en un desagüe abierto a propósito, i sobre la parte superior de cada plano se trazará una acequia regadora. El inconveniente que se encuentra en este modo de arreglar el terreno, es de no poder emplear inmediatamente el agua sobrante de cada plano, sino llevarla para el regadío de otros terrenos situados mas abajo. Siempre esta agua ha perdido una parte de sus propiedades excitantes para activar la vejetacion, faltándole en gran parte el aire que han aprovechado ya las plantas de los primeros planos, así como las turbias que han podido traer las aguas que son en jeneral, un abono excelente para los terrenos. Por esta razon, es preciso cada vez que se vuelve a poner en cultivo un terreno, cambiar de lugar las acequias regadoras, para que de este modo toda la estension del terreno pueda aprovechar a su turno de las ventajas de las turbias traídas por las aguas; con efecto, las plantas que están cerca de las acequias regadoras no solamente aprovechan de la mayor parte del aire traído pored agua, como dije mas arriba; pero tambien con los impedimentos que crían a la corriente del agua, obligan a la mayor parte de las turbias que traen a depositarse al pié de ellas, de modo que, las últimas plantas situadas en la parte inferior de los planos inclinados, no reciben mas que el sobrante de las de arriba, i muchas veces no les llega mas que agua clarificada, principalmente cuando el agua no llega con mucha abundancia; de lo que resulta que el terreno situado en la parte superior de los planos está mas abonado que lo demas, i para igualar-

lo cada vez que se cultiva el campo, se debe mudar el lugar de las acequias regadoras, para que así todas las plantas de un mismo paño de tierra tengan el mismo vigor i la misma lozanía.

En Chile para el cultivo de los trigos de riego i la formacion de los potreros de alfalfa, se emplea este sistema; pero jeneralmente se da un largo demasiado grande a las acequias regadoras, lo que obliga a los cultivadores a emplear mas agua que la estrictamente necesaria, lo mismo para los potreros, solamente en éstos, cuando las acequias regadoras que se habian abierto para regar el trigo i crear el pasto, han sido destruidas por las pisadas de los animales que se ponen a talar el campo se cree inútil volverlas a abrir; sea por descuido o economía mal entendida se riegan estos potreros con un solo golpe de agua, como si las acequias regadoras no hubiesen existido nunca; con lo que se hace el riego mui disparejo, en unas partes no alcanza el agua en otras está de sobra i trasforma esta última parte en pantano, i sucede mui a menudo que las plantas que están cerca del canal de distribución recibiendo mucho tiempo el agua, en días calorosos mueren por efecto de la fermentacion que se establece luego en sus raíces.

Es tan conocido que con acequias regadoras largas se gasta mas agua que empleado acequias cortas, que cuando hai escasez de ese elemento, la jente del campo riega sus terrenos subdividiéndolos en pequeños cuarteles, porque saben mui bien por esperiencia, que con el poco de agua que les toca en los turnos no podrian regar, si así no lo hicieran, ni la mitad de los que riegan subdividiéndolo.

La razon de este hecho es mui sencillo de explicar. Para que las plantas crezcan, es preciso, que la tierra en la cual estan agarradas las raíces esté humeda: si se deja correr el agua mucho tiempo en un campo, no solamente la capa de tierra vejetal necesaria a la vejetacion se humedecerá, sino tambien una capa mucho mas gruesa; humedad que irá bajando, hasta encontrarse con el terreno firme e impenetrable; resultando que esta agua perdida para la agricultura de ese lugar, irá a alimentar en otra parte los puquios i manantiales. Por esa razon, en años de escacez, es siempre conveniente no gastar mas agua que la estrictamente necesaria, para de este modo, regar mas estension de tierra.

El plano fig. 3, lamina I, indica un terreno arreglado para emplear este sistema de regadío; la acequia *AB*, es distribuidora que sigue la pendiente del terreno; las acequias *a, b, c, d, e, f, g*, son las regadoras trazadas a nivel; tiene 50 metros de largo i el plano

indicado tiene 20 de ancho. Como se puede ver fácilmente por las acequias  $a$ ,  $b$ , se riegan los dos planos inclinados que se encuentran en la parte mas alta del terreno, obliga al agua de la acequia distribuidora a introducirse en las acequias regadoras  $a$ ,  $b$ ; los estrujes de estos dos planos, caen en las  $c$ ,  $d$ ; que con el agua que entra cuando se quita el taco  $a'$ , servirá para regar los segundos planos inclinados; i así sucesivamente quitando uno por uno los tacos  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $d'$ .

#### QUINTO MÉTODO.

*Regadío abriendo acequias regadoras en forma de espigas.*—Este sistema es mui parecido al anterior, i jeneralmente debe servirle de complemento. En este método, las acequias regadoras, en lugar de estar trazadas paralelas o casi paralelas, como en el caso que acabo de describir, se trazan diverjentes porque este sistema se emplea en los terrenos compuesto de lomas i bajos.

Las acequias regadoras están trazadas a nivel, del mismo ancho i forma que las descritas mas arriba; pero, para que surtan buen efecto, es preciso, que la pendiente de las lomas sea sensible, sin ser demasiado grandes en ninguna parte. La pendiente mas adecuada para este método de regadío, es desde 0,<sup>m</sup>02 a 0,<sup>m</sup>03 por metro; aunque algunas veces se emplea con pendientes mayores no da mui buen resultado. Las acequias distribuidoras son trazadas de modo que esten en la parte mas alta i siguiendo la pendiente de las lomas. En bajos se trazan las acequias desaguadoras que deben recibir los estrujes del regadío.

La fig. 4 de la lámina I representa un regadío por este sistema. Suponiendo que  $AB$  sea el canal que trae las aguas en la parte mas culminante del terreno que hai que regar; las acequias  $ab$ ,  $cd$ ,  $ef$ , serán las distribuidoras siguiendo la pendiente del terreno; i las acequias  $ab'$ ,  $cd'$ ,  $ef'$ , etc. serán las regadoras de nivel; las acequias  $a'' b''$ ,  $c'' d''$  serán los desagües.

#### SESTO MÉTODO.

*Regadío por medios planos inclinados.*—Este sistema para emplearse, exige que los terrenos tengan una pendiente bastante sensible; esta pendiente no puede tener menos de 0,<sup>m</sup>025, ni mas de 0,<sup>m</sup>10; la pendiente mas conveniente es la de 0,<sup>m</sup>05, por metro.

Este sistema como el anterior, es complemento del método de irrigacion por acequias niveladas i planos inclinados de un lado. El trabajo consiste en formar planos inclinados en escalones, siendo horizontales en el lugar de ellos i en el ancho teniendo la pendiente del terreno.

La disposicion del terreno permite economizar el agua, porque se puede emplear inmediatamente el sobrante de ella, despues que ha pasado sobre los planos inmediatamente superiores, como los planos son cortos i angostos no tiene tiempo el agua de perderse en el terreno por infiltraciones, es el sistema que se puede emplear en los lugares escasos de agua, principalmente para el cultivo de las legumbres. Aunque, para emplear este método, se necesita mas gasto en la preparacion del terreno; la misma economía que se consigue en la cantidad de agua que se usa con este método de regadío lo hace recomendable en casos de escasez.

La fig. 5 de la lámina I, representa un terreno preparado para hacer uso de este sistema. El canal *AB* que trae el agua, está trazado siguiendo la pendiente del terreno, i las acequias regadoras *ab*, *cd*, *ef*, etc. son horizontales de 20 metros de largo el ancho de los planos, siendo de 5 metros; las acequias *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, *f'*, etc., son las desagüadoras, recibiendo los estrujes de los planos; estas acequias comunican con el canal de distribucion por medio de tubos de madera, de modo que esta agua de estruje del primer plano, con agua nueva del canal de distribucion, sirve para regar el segundo plano; las aguas de estrujes del segundo plano, con agua nueva, sirve para el tercero i así hasta que se rieguen todos los planos sucesivamente.

#### SETIMO MÉTODO.

*Regadíos por surcos.*—Este sistema es el que se emplea jeneralmente para el regadío de las viñas, arboledas, hortalizas i sandiales. El terreno se compone de una sucesion de surcos trazados paralelos, abiertos con el arado en la direccion de la pendiente, cuando este no es demasiado grande o de no se les da una direccion tal, que el agua tenga buena corriente, es decir de 0,<sup>m</sup>02 a 0,<sup>m</sup>04 por metro cuando mas. Se debe tener cuidado especial, que la pendiente del terreno del surco sea bien igual, para que el agua no quede en depósito en ninguna parte de los surcos; tambien es conveniente que cuando las plantas que se deben regar por este método, son

viñas o arboledas aporcarlas; para que las raíces solamente reciban la humedad i de ningún modo la base del tronco de la planta.

Se debe tener cuidado igualmente, cuando la pendiente del terreno es demasiado grande, de trazar los surcos al sesgo para que la pendiente no sea mayor de 0,<sup>m</sup>04 por metro; para evitar que con una pendiente demasiado grande se corra la tierra quedando las raíces de las plantas recibiendo las influencias del aire.

Se ha descrito ya los varios métodos de emplear el agua en los regadíos para aumentar el producto de los campos; pero para que el riego sea útil, sin ser perjudicial a la agricultura, es indispensable que tan luego como un campo ha sido regado, se debe quitar el agua que queda siempre en exceso, de lo contrario las plantas sufrirían con la acción combinada del agua con los rayos del sol, lo que llaman en el campo *cocerse*. Para evitar ese efecto es preciso abrir canales de desagües capaces de recibir esas aguas para llevarlas fuera de los terrenos.

En jeneral en este país se cuida poco de abrir canales de desagües, cuando por casualidad se han abierto algunos fosos, no ha sido con la intención de recibir el sobrante de las aguas de regadío para llevarlas fuera de los terrenos, sino que ha sido para estraer la tierra de ellas, para levantar tapias divisorias: esos fosos a mas de no tener salida, se van borrando en pocos años con los turbias i el guano que llevan las aguas. El uso mas comun es botar las aguas de estrujes a los caminos; uso perjudicial, no solamente al público en jeneral, sino tambien a los mismos hechores o autores de los daños, por necesitar mas gastos de parte de ellos, para trasportar los frutos de sus campos a los lugares de consumo, este modo de deshacerse del agua que podía dañarlos, a mas de causar perjuicios, no produce el efecto deseado o a lo ménos lo produce incompleto porque el agua que botan así, es una pequeña parte de la sobrante: el resto tiene que sumirse en mas o menos tiempo en la tierra, causando muchas veces daño a las plantas antes de desaparecer completamente. Estos gastos de desagües no son jeneralmente muy costosos; principalmente cuando se dan por tareas que siempre pueden ejecutarse cuando hai poco trabajo en los campos.

En seguida presento aquí una tabla de las tareas que se pueden dar a un peon para cada día de trabajo en las zanjas que se emplean mas a menudo en semejantes trabajos, en las varias clases de terrenos que se pueden encontrar en los campos cultivables.

Pará emplear esta tabla no habrá mas que buscar por el ancho i hondura que se quiere dar a la zanja el número que corresponde a la clase de terreno que se quiere trabajar i se saca el largo en metros de la tarea. Para tener ese largo de tarea en varas se tendria que aumentarlas en una sesta parte.

*Trabajos de zanjas de desagües en varias clases de terrenos.—  
Tarea en metros corridos que se pueden dar a un  
peon en un dia de trabajo.*

Números.	Ancho arriba.	Ancho abajo.	Hondura.	LARGO EN METROS DE LA TAREA.					
				Tierra vegetal.	Cascajo seco.	Arena i tierra con agua.	Cascajo con agua.	Tierra con piedras.	Greda.
1	3,00	1,50	2,00	3,33	1,93	1,56	1,11	1,34	1,56
2	2,80	1,40	1,80	3,96	2,12	1,85	1,32	1,59	1,85
3	2,60	1,30	1,70	4,55	2,40	2,12	1,50	1,80	2,12
4	2,40	1,20	1,60	5,20	2,75	2,40	1,75	2,10	2,40
5	2,20	1,10	1,40	6,25	3,30	2,95	2,10	2,50	2,95
6	2,00	1,00	1,25	8,00	4,30	3,70	2,65	3,20	3,70
7	1,80	0,90	1,20	9,25	5,00	4,30	3,10	3,70	4,30
8	1,60	0,80	1,00	12,50	6,75	5,80	4,20	5,00	5,80
9	1,40	0,70	0,90	15,60	8,60	7,35	5,30	6,40	7,40
10	1,20	0,60	0,80	20,80	11,35	9,60	6,95	8,30	9,60
11	1,00	0,50	0,60	35,70	17,85	15,60	11,35	13,15	15,60
12	0,80	0,40	0,50	50,00	27,75	22,70	16,65	19,20	22,70
13	0,60	0,30	0,40	83,30	41,60	41,00	27,75	35,70	41,00
14	0,50	0,20	0,25	250,00	83,30	83,30	62,50	62,50	83,30

## III.

## Cantidad de agua indispensable para el regadío.

La cantidad de agua que necesitan los terrenos cultivables para el regadío, varía en una proporción mui grande: lo que es fuera de duda si estudiamos lo que han escrito los autores competentes en la materia, i no puede ser de otro modo, por la variación en las proporciones de los elementos que constituyen los terrenos que deben recibir el beneficio de la irrigación; e igualmente por la clase de terrenos que se encuentran debajo de la tierra arable i el espesor de ésta; considerando tambien la variación de clima, donde están situados estos mismos terrenos, así como la pendiente que pueden tener éstos.

Algunos autores han querido determinar la cantidad de agua que deben recibir los terrenos, examinando la relación de la proporción

de arena contenida en cada uno de ellos; esta determinacion es buena a mi parecer para servir de base de comparacion entre los varios terrenos de un mismo lugar, siempre que estos terrenos se hallen bajo las mismas influencias atmosféricas; teniendo el mismo terreno debajo de la capa arable, i esta, siendo del mismo espesor poco mas o menos. No estando los terrenos en estas mismas condiciones, la proporcion de arena que contienen los terrenos no puede servir para el caso que nos ocupa; con efecto, se puede ver en la tabla de los ensayos de tierra que presento, que hai excepciones a esta regla admitida por los principales autores; asi se vé que en los terrenos de la Ligua i Pullalli, los terrenos teniendo mas de 40 por ciento de arena, indican que deberian recibir quince riegos para que creciera el pasto, sin embargo, no reciben mas que cinco; para las chacras, en lugar de treinta no reciben mas que seis; i dan el mismo producto i en la misma proporcion que los terrenos que reciben mas riegos. Esta anomalia consiste en la capa de terreno que se encuentra debajo de la capa de tierra arable, que impide a las humedades de pasar formando una especie de tasa, donde se reunen las aguas que han filtrado por los terrenos i a medida que la capa superior del terreno deja evaporar la humedad, está reemplazada por la que sube del agua que se encuentra debajo en depósito. Estos terrenos son los que se llaman en la costa, terrenos de *rulo*. La mayor parte de estos terrenos de rulo pueden dar productos aun sin riegos, como se vé en las haciendas que estan cerca del mar; pero ayudándoles con algunos riegos darán productos mas abundantes.

Otros autores quisieron determinar la cantidad de agua que necesitan los terrenos, determinando la capa o altura de agua que debe darse en cada riego. Creyendo que, cuanto mas grande sea la altura del agua que se pone sobre los terrenos en cada riego, menos riego necesitarán; o con otras palabras, cuanta mas agua se desparramara sobre el terreno cada vez que se riegue, mas tiempo durará la humedad i ménos número de riegos se tendrá que darles. Este caso puede presentarse no hai duda; por ejemplo, si la capa de tierra que está debajo de la capa arable no deja pasar el agua ni escurrirse por formar una especie de recipiente, la capa de tierra arable siendo arenisca, nos dará los terrenos de rulo que hemos visto mas arriba; o bien si la capa de tierra arable tiene bastante grueso, tendremos los terrenos *arrulados*. Esa agua dada en exceso en un solo riego, será como almacenada debajo de la capa de tierra veje-



tal, que no debe ser de mucho espesor, i surtirá de humedad a la vejetacion mas o menos tiempo en proporcion de la cantidad de agua empleada. Pero si el terreno que está debajo de la tierra vejetal no forma recipiente o tasa, o es de cascajo que se deja penetrar por el agua o bien si es un terreno firme de greda o piedras con mucha pendiente, esta agua dada en exceso se escurrirá para ir a salir lejos del lugar de su empleo, i será perdida para el cultivo de las tierras de ese lugar. Si el terreno arable, en lugar de ser arenisco es gredoso, el agua en los riegos penetrará poco i la mayor parte correrá en la superficie i se irá por los desagües sin aprovechar a los terrenos donde se emplea en exceso, en este caso los riegos deben ser mui repetidos i dar poca agua en cada uno para no perderla.

Como se ve, en esta materia no se puede establacer regla jenera-  
ral, por esa razor vemos grandes diferencias entre los autores; porque cada uno ha escrito segun los esperimentos que han hecho en terrenos que no eran idénticos unos con otros.

Veremos primeramente lo que se ha escrito sobre esta materia en varias partes, despues dará algunas observaciones que he recojido en este pais.

Segun Nadault de Buffon en el Piamonte, para los potreros se deben dar en cada riego, desde 0,<sup>m</sup>04 hasta 0,<sup>m</sup>10 de altura de agua, segun el número de riegos que se daran a la tierra.

Cuando los riegos se dan cada siete u ocho dias, la altura del agua debe ser de 0,<sup>m</sup>04 a 0,<sup>m</sup>07; i cuando es cada diez dias la altura es desde 0,<sup>m</sup>07 hasta 0,<sup>m</sup>10.

Segun M. de Gasparin, la altura de agua en cada riego debe ser de 0,<sup>m</sup>10.

M. Belgrand dice que en Normandia se dá 0,<sup>m</sup>04 de altura de agua en cada riego; i en el departamento del Yonne, son 0,<sup>m</sup>1583; cuando en un terreno de aluvion cerca de Troyes se dá en cada riego una altura de agua igual solamente a 0,<sup>m</sup>035.

M. Rosat de Mandes dice que el valle de l'Ouagne entre Lengny i Touci, en una arena fina se emplea solamentn 0,<sup>m</sup>0278 a 0,<sup>m</sup>0312 de altura de agua.

M. Puvis, en el departamento de L'Ain (Francia) aconseja de dar 0,<sup>m</sup>10 a 0,<sup>m</sup>12.

M. Zeller, secretario perpetuo de la sociedad de agricultura de Hesse recomienda dar desde 0,<sup>m</sup>13 a 0,<sup>m</sup>25.

En fin M. Vester Weller antiguo ingeniero hidráulico del ducado

Hesse Darmstadt dice que vió en Eppenheim gran ducado de Hesse, regar un potrero de 304<sup>cuad.</sup>, 20, con 0,<sup>m</sup>14 de altura de agua; este mismo autor estableció el riego en el estanque de Coriaud, departamento de L'Ain (Francia) dando los riegos a razon de 0,<sup>m</sup>17 de altura de agua.

Tambien hai autores que citan una grande altura de agua en los riegos, tales como los de Remiremout, en los cuales se daba 0,<sup>m</sup>864 de altura de agua; pero es probable en estos casos, que habia mucha pérdida de agua o eran terrenos excepcionales.

De todas estas cantidades sacaríamos: que la altura media del agua en los riegos es de 0,<sup>m</sup>118, que seria poco mas de la cantidad determinada por M. de Gasparin.

Segun las observaciones que hice en Vichiculen, que se encuentra en el valle de Llallai, la altura de agua que se emplea en los riegos corresponde a 0,<sup>m</sup>078, como lo veremos mas adelante.

M. de Gasparin que ha estudiado i escrito sobre los riegos de la Provenza, dice que estos deben ser mas repetidos en proporcion de la cantidad de arena que se encuentra en la tierra arable, i da los datos siguientes.

Proporcion de arena.	Núm. de riegos en 6 meses.	Cantidad de agua en metros cúbicos por cuadra en 6 meses.	Núm. de litros por segundo i por cuadra.
0,20	12	17160	1, lit. 144
0,40	17	24310	1, 573
0,60	30	42900	2, 717
0,80	36	51480	3, 432

Así se ve que en ese lugar teniendo el terreno arable 0,20 de arena, se riega cada quince dias; cada once, cuando tiene desde 0,20 hasta 0,40: cada seis dias, cuando tiene desde 0,40 hasta 0,60; i en fin cada cinco dias, cuando contiene desde 0,60 hasta 0,80.

Pero el mismo autor dice que segun experimentos hechos, se emplea demasiada agua, i que se puede tener el mismo producto cultivando el alfalfa con las cantidades siguientes de agua:

Proporcion de arena	Núm. de riegos en 6 meses.	Cantidad de agua en metros cúbicos por cuadra en 6 meses.	Núm. de litros por segundo i por cuadra que se debe sacar del rio.
0,20	6	8580	0, lit. 572
0,40	9	12870	0, 858
0,60	12	17160	1, 144
0,80	18	25740	1, 716

Segun las observaciones que he practicado en Chile, no siendo terrenos escepcionales o arrulados, he sacado las cantidades siguientes de agua, que se necesita para el regadío por cuadra en los cultivos siguientes: suponiendo que se de en cada riego 0,<sup>m</sup>10 de altura de agua, aunque se da menos como lo dije mas arriba, aumente la altura para compensar las pérdidas de agua por filtraciones i evaporacion en los canales, desde el lugar del repartimiento hasta el terreno que se debe regar.

*Para el cultivo de la alfalfa.*

Proporcion de arena	Núm. de riegos en 8 meses.	Cantidad de agua en mets. cúb. por cuadra en 8 meses.	Cantidad de agua por segundo i por cuadra
De 0 a 0,20	8 a 9	12580 a 14109	0, lit.60 a 0, lit.67
Id. 0,20 a 0,40	12	18870	0,90
Id. 0,40 a 0,60	15	23587	1,12

*Para el cultivo del trigo son cuatro meses de riego,*

Proporcion de arena.	Númeo. de riegos.	Cantidad de agua en metros cúbicos en 4 meses.	Cantidad de agua en litros por segundo i por cuadra.
De 0, a 0,20	2 a 3	2145 a 3217,50	0, lit.21 a 0, lit.31
Id. 0,20 a 0,40	4 a 5	4290 a 5362,50	0 42 a 0, 52
Id. 0,40 a 0,60	6	6455	0, 62

*Culivo de las chácaras, tercera parte de la tierra se riega, son seis meses de cultivo.*

De 0, a 0,20	12	6290	0,404
Id. 0,20 a 0,40	18 a 20	9435 a 11067,50	0,606 a 0,707
Id. 0,40 a 0,60	30	14676,66	0,943

*Cultivo de las viñas, ocho meses de riego por camellones, la tercera parte del ancho.*

De 0, a 0,20	16	12580	0,60
Id. 0,20 a 0,40	24	18870	0,90
Id. 0,40 a 0,60	30	23587	1,12

Como se ve por estas tablas, los cultivos que necesitan mas agua en Chile son las chácaras i las viñas; pero el cultivo de las primeras tiene lugar cuando los trigos ya no necesitan agua o a lo menos en los últimos riegos.

Para el cultivo de las viñas, jeneralmente el riego se hace por camellones, de modo que se necesita solamente la tercera parte del agua que se emplearia si se quisiera regar el terreno uniformemente, pero desde algunos años a esta parte, para ahorrar el trabajo de la limpia de los surcos i tambien para lograr todo el pasto de las viñas, algunos cultivadores han borrado los surcos i riegan como si fueran potreros, i en ese caso es probable que necesitan de los riegos como si fueran potreros.

Considerando el riego de las viñas como si fueran potreros que será cuando se gaste mas agua, se tendrá las cantidades siguientes, que se necesitará por cada cuadra para todo cultivo segun la proporcion de arena que tengan los terrenos.

Proporcion de arena.	Cantidad de metros cúbicos por cuadra.	Cantidad de agua en litros por segundo
De 0, a 0,20	8481	0, lit.43
Id. 0,20 a 0,40	11480	0, 57
Id. 0,40 a 0,60	17076	1, 42

De modo que la mayor parte de los terrenos, teniendo menos de 0,40 de arena será bastante por cuadra cuadrada un litro de agua por segundo para toda especie de cultivo; por ejemplo, en los terrenos de Colina, San Felipe, Andes, etc.. Aunque estos terrenos tengan manchas conteniendo mas de 0,40 de arena, podrán cultivarse con esta cantidad de agua, por tener con la cantidad determinada de un litro por segundo mas que la suficiente para el cultivo de los terrenos que tienen menos de 0,40 de arena.

Determiné la altura 0,<sup>m</sup>078 de agua que se emplea en este país como dije mas arriba, del modo siguiente: En la hijuela de Vichiculen, que hacia parte de la hacienda de Llaillai, don José Letelier construyó en una quebrada gozando de una agua permanente de vertientes,

Fig. 1.

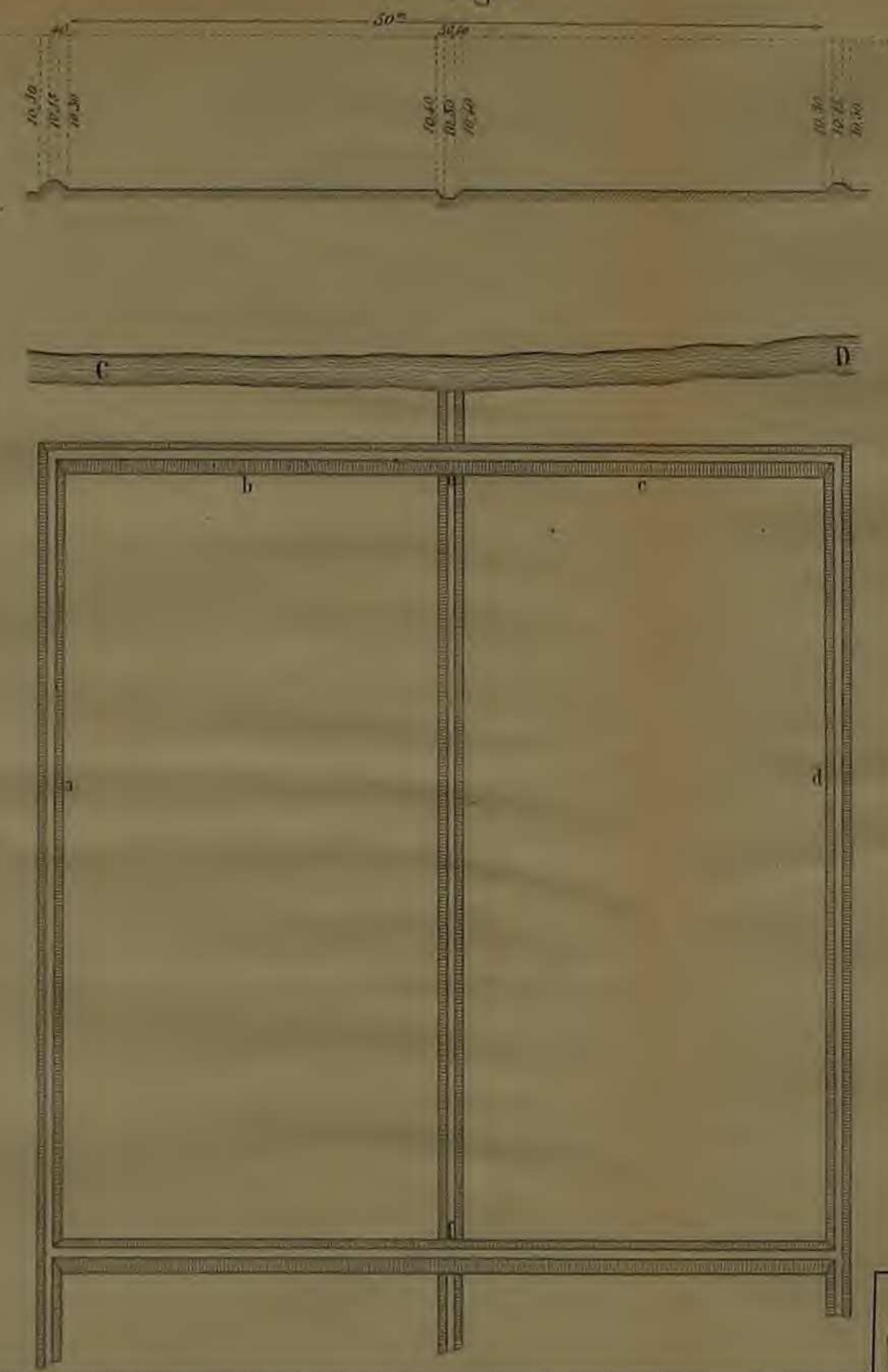


Fig. 2.

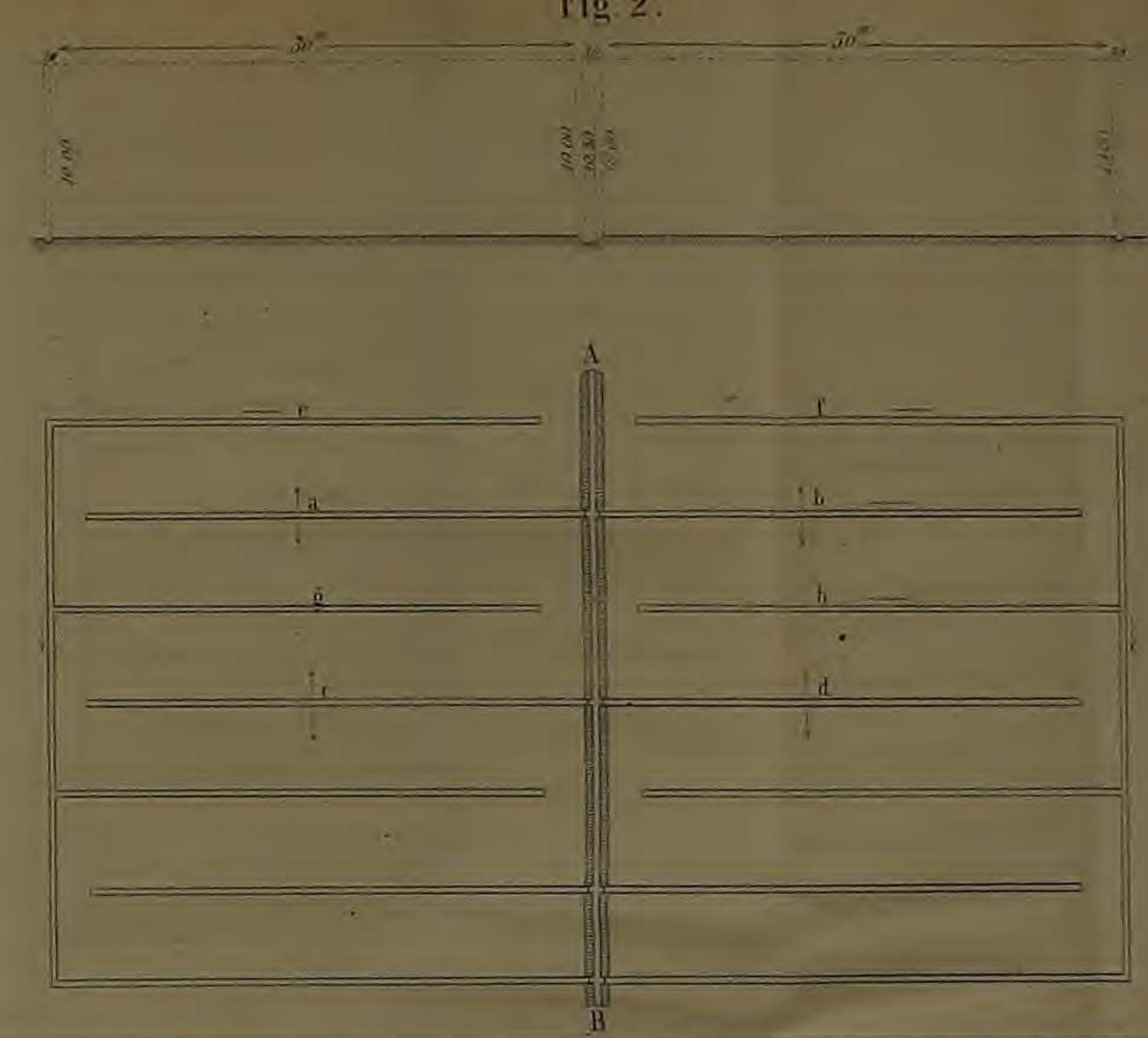
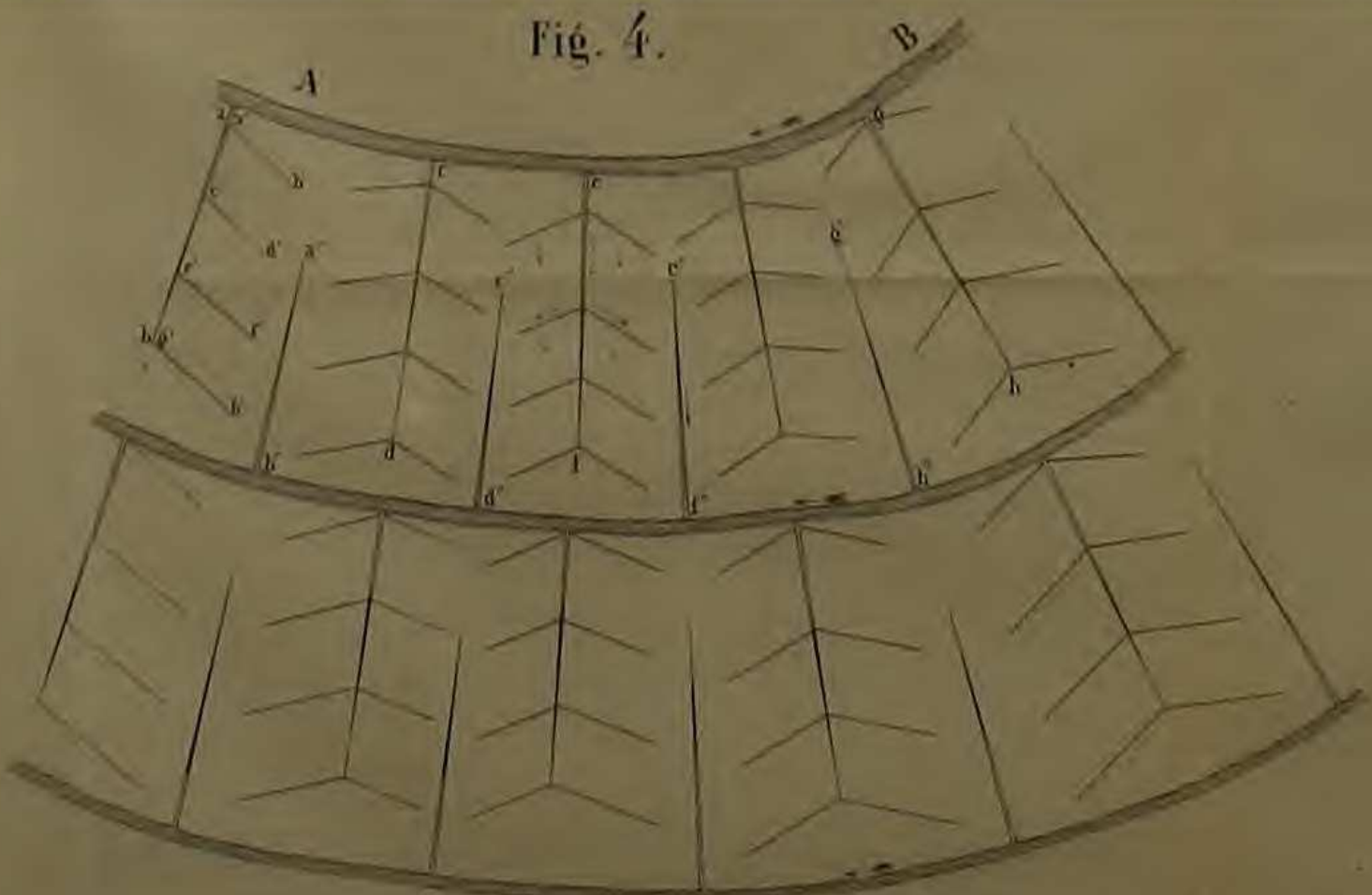


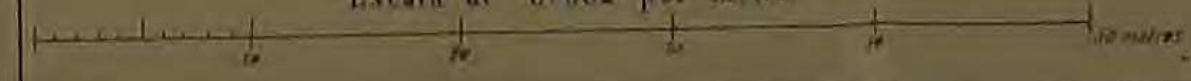
Fig. 3.



Fig. 4.



Escala de 0.002 por metro





una represa que puede llenarse en 24 horas con el agua de la quebrada; esta represa segun las dimensiones que saqué de ella puede contener 8670,65 metros cúbicos, con los cuales se riegan en años ordinarios 91,° 041 cuadradas de terreno i en años de abundancia hasta 110,° 541.

Este terreno recibe el cultivo siguiente:

- 25 cuadras en trigo, recibiendo un riego por mes.
- 16,° 50 en pasto, recibiendo nueve riegos en ocho meses de verano.
- 17, 50 en arboledas, rebibiendo un riego cada seis días.
- 32, 00 en chácaras, frejoles i maiz, recibiendo un riego cada doce días.

Aunque los sandiales reciban un riego cada tres días, no gastan mas agua que los frejoles i maiz, por ser solamente la cuarta parte poco mas o menos de la melga que se riega i aun menos para los sandiales; las melgas siendo mui anchas como se sabe, para que puedan guiar esas plantas.

Las arboledas reciben un exceso de riegos, pero es para apurar el crecimiento del pasto que se siega, considerando los frutos de las arboledas como un accesorio solamente.

Si se busca las cantidades de cuadras que se tendrá que regar cada dia, segun estas consideraciones se tendrá:

25 cuadras de trigo al mes un riego. . . . .	25,°
16,50 id. de pasto, al mes un riego 1,125 da . . . . .	18, 61
17,50 arboledas id. . . . . 5,00 da . . . . .	87, 50
32,00 chácaras id. . . . . 2,50 da . . . . .	80, 00
91 cuadras al mes son de riego. . . . .	211,° 11

Dando al dia 7,° 037 que se deben regar.

Los metros cuadrados que contendrán estas 7,° 037 serán los siguientes:  $15725,^{m2}16 \times 7,037 = 110657,95$ , porque la cantidad 15725,16 es el número de metros cuadrados que contiene una cuadra cuadrada, i como en esta superficie se reparte el agua de la represa que es de 8670,°35 tendrémos:

$$\frac{8670,65}{11065,95} = 0,^{m}078, \text{ que será la altura de agua en los riegos.}$$

La cantidad de agua que necesitan estos cultivos, por segundo i por cuadra serán los siguientes:

Trigo. . . . .	0, lit. 4754
Pasto. . . . .	0, 5348
Arboledas. . . . .	2, 377
Chácaras. . . . .	1, 1885

Si se quisiera regar cada dia de las cuatro especies de cultivos proporcionalmente a la cantidad de agua que necesitan cada uno, se tendrian:

Trigo. . . . .	0, <sup>c</sup> 833
Pasto. . . . .	0, 62
Arboledas. . . . .	2, 916
Chácaras. . . . .	2, 666

Para juntar estos 8670,<sup>m3</sup>65 de agua en 24 horas en la represa, es preciso que baje por la quebrada 100,<sup>lit.</sup>00 de agua por segundo poco mas.

Cuando estuve allí el 10 de febrero de 1864 a las 4 de la tarde, hora en que determiné el agua que bajaba por la quebrada, no encontré que bajaba mas que 2,<sup>lit.</sup>87. Pero como se sabe ha sido año escepcional por su sequedad. Estos 2,<sup>lit.</sup>87 por segundo, daban en 24 horas 248,<sup>m3</sup>023 que se hubiese podido reunir en la represa.

Estos terrenos de Vichiculen pueden ser considerados como participando de la propiedad de los terrenos arrulados, en efecto, de dos ensayos de tierra que tomé de dos partes del fundo, saqué 50 i 57,87 por ciento de arena en su composicion, lo que indica que si no fueran arrulados, seria preciso para el cultivo de la alfalfa quince riegos en el verano i no se hace mas que nueve veces: para el trigo se da tres riegos solamente cuando se deberia dar segun la composicion de ese terreno seis. Lo que prueba que la determinacion de la proporcion de arena de un terreno, no puede indicar de un modo exacto el número de riegos que necesitan los terrenos ofreciéndose escepciones, principalmente en Chile, donde por lo quebrado del terreno cada valle tiene su modo de ser.

En la tabla de los ensayos de terreno que presento aquí, he puesto a mas de la cantidad de piedras i arenas que contienen, el número de riegos que necesitan las varias especies de cultivos que reciben, en el tiempo que queda en la tierra desde su siembra hasta su cosecha.

Los ensayos de los terrenos para determinar la cantidad de piedras i arena que contienen, se hace del modo siguiente:

Se seca la tierra a un calor de 30 a 40° centígrados i se pone una cantidad determinada de ella; supongamos cien gramos, se pasa esa cantidad por un cedazo de alambre, con agujeros de un milímetro i medio de diámetro. La parte del terreno que queda sobre el cedazo, es la cantidad de piedra que contiene la tierra.



De la parte de tierra que ha pasado por los agujeros del cedazo, se pesan 20 gramos, los cuales se ponen en un jarro pudiendo contener dos litros de agua clara, cuando la tierra ha estado remojándose dos horas por lo menos se ajita el agua con una varilla de vidrio, de modo que se le imprima un movimiento jiratorio; se hace correr el agua cargada de todas las materias que no sean arena, ésta precipitándose luego en la parte inferior del jarro, se vuelve a echar agua clara, i se ajita de nuevo como la primera vez, botando el agua despues de un rato; se repite la misma operacion hasta que el agua salga clara: el precipitado que queda en el jarro, es la arena pura que contenia la tierra que se queria ensayar. Se seca ese depósito al mismo grado de calor de 30 a 40° centígrados como la tierra i se pesa.

No habiendo conseguido muestras de tierras de mas de 60 por ciento de arena no pude determinar el número de riegos que necesitarian; i por lo mismo, la cantidad de agua que pudiera gastarse para el cultivo de ellas. He visto es cierto, arenales, pero no tomé muestras de ellos por no ser cultivados, necesitando para eso bastante agua; como esos terrenos se encuentran jeneralmente en la costa donde el agua es escasa, no ha habido necesidad de cultivarlas teniendo terrenos mejores que ellos que quedan incultos por falta de ese elemento.

Tablas de algunos ensayos de terrenos.

Número	Provinc.	Departa- mento.	Lugar.	Grueso de la tierra vegetal.	Terreno de la Tierra vegetal.	Cantidad de ped. por cento.	Cantidad de arena por cento.	Número de riegos del trigo en 6 mes.	Número de riegos del pasto en 8 mes.	Chacras de días de riego.	Vitias i árboles.	Calor de la tierra.
1	Santiago.	Santiago.	Pan de Azúcar.	0,45	cascajo	3,38	30,20	9		c. 12 a 15 d.	—	oscura.
2	id.	id.	id.	0,80	pedras	9,89	25,00	9		12 a 15 d.	—	id.
3	id.	id.	Colma.	1,00	cascajo	9,63	31,09	3		12 a 15	—	id.
4	id.	id.	Quilapitú.	0,83	id.	2,65	30,53	3		12 a 15	—	id.
5	id.	id.	id.	0,70	id.	4,85	27,15	3		12 a 15	—	id.
6	Aconcag.	Audes.	Calle Larga.	0,30	id.	1,12	12,36	3		12 a 15	—	id.
7	id.	id.	Curimón.	0,45	id.	2,25	11,23	3		12 a 15	—	id.
8	id.	id.	E. de Pocuro.	1,65	id.	0,00	51,73	6		cada 8 días	—	amarillo.
9	id.	id.	Auco.	0,20	id.	11,45	36,13	15		—	—	id.
10	id.	id.	P. de las Monjas	0,42	id.	0,43	55,31	—	15	—	—	id.
11	id.	id.	Vichiculen.	0,836	gredos.	13,19	50,00	3		cada 12	cada 6 días	oscuro.
12	id.	id.	id.	0,836	id.	3,12	53,87	3		id.	cada 6	id.
13	id.	id.	Llaillai.	id.	id.	19,00	39,00	3		id.	—	parda.
14	id.	San Felipe	Pueblo.	2,00	cascajo	0,47	18,90	3		12 a 15	cada 15 d.	oscuro.
15	id.	id.	Merced Vieja.	0,50	id.	0,00	31,25	5		cada 8 días	—	id.
16	id.	id.	id.	0,80	id.	0,00	39,58	5		id.	—	id.
17	id.	id.	id.	0,60	id.	1,30	14,38	3		12 a 15	—	amarilla.
18	id.	id.	Abmendrai	id.	pidra.	21,70	13,12	3		cada 8 días	—	oscuro.
19	id.	id.	Quilpué.	id.	cascajo	18,23	23,49	4		cada 8	—	amarillo.
20	id.	id.	id.	0,21	falla cerro	0,00	4,86	2		cada 5	—	id.
21	id.	id.	id.	3,34	greda.	17,71	29,49	4		cada 8	—	id.
22	id.	id.	id.	1,67	cascajo	0,42	6,21	2		cada 8	—	id.
23	id.	Ligua.	Catapilco.	0,50	Tel-ten	38,19	31,19	3 a 4	12	—	—	amarillo.
24	id.	id.	id.	0,50	id.	1,56	17,44	3		cada 8	—	id.
25	id.	id.	Pullai.	0,60	gredos.	11,80	41,61	2		cada 12	—	id.
26	id.	id.	Ligua.	0,80	id.	11,63	41,68	2		cada 30	—	id.
27	id.	id.	Plazilla.	1,50	id.	0,00	21,87	1		cada 30	—	oscuro.
28	id.	id.	Papudo.	1,25	id.	7,29	53,72	4		cada 20	—	id.
29	id.	id.	id.	1,25	pedras	4,16	59,00	16		cada 6	—	id.
30	Coquim.	Salamanca	Salamanca	0,63	Maicill	4,16	44,33	5		cada 6	—	id.
31	id.	id.	Chaliaga.	0,63	cascajo	3,00	36,76	4		cada 8	—	amarilla.

## IV.

**Métodos para medir el agua que pasa por los ríos o esteros.**

En un proyecto cualquiera de regadío, es indispensable no solamente conocer la cantidad de agua necesaria para el riego, sino también los diferentes modos de reunirla i llevarla al lugar de su empleo, como también determinar la cantidad que se puede disponer de un río o estero para estar seguro que la ejecución del proyecto sera provechoso.

Un agricultor que tiene intencion de establecer una represa en una quebrada donde corre un arroyo permanente, debe conocer la cantidad de agua que puede disponer en un tiempo dado, para de ese modo, determinar el número de cuadras que podrá beneficiar con el riego, i no hacer muchas veces una obra costosa sin provecho ninguno.

La medida de las agua, debe efectuarse en tres estaciones diferentes; la primera vez cuando hai poca agua es decir, a principios del invierno ántes de los aguaceros; la segunda vez cuando corre mucha agua, es decir al principio de la primavera: i en fin la tercera vez en verano. Con estos tres esperimentos se tendrá exactamente la cantidad de agua que se puede conseguir i aprovechar en la primavera, en verano i en otoño, i en cada una de estas tres estaciones la cantidad de cuadras de tierras que se puede cultivar.

El agua que pasa por un cauce cualquiera se determina por el número de litros que pasa en la unidad de tiempo que el es segundo; multiplicando este resultado por 86,400 se obtiene la cantidad de agua que pasa en 24 horas.

Si en lugar de tener la cantidad de agua en litros se quisiera tenerla en metros cúbicos, se dividiría el producto obtenido por 1000.

Hai cuatro métodos sencillos que se pueden emplear para medir exactamente la cantidad de agua que pasa por un cauce, que son los siguientes: los cuales explicaré separadamente.

- 1.º Métodos por botadores
- 2.º id. por nadadores
- 3.º id. por medio del molinete hidráulico de Woltmann
- 4.º id. por el movimiento uniforme

## MÉTODO POR BOTADORES.

El método para medir el agua que pasa por el cauce por medio de botadores, es el mas sencillo de los cuatro sistemas, mas espedito i de fácil aplicacion. Consiste en obligar a toda el agua a pasar por encima de un botador fabricado de una plancha delgada de fierro; es el sistema empleado por el señor Baudot en los proyectos de regadío que tuvo que ejecutar en el departamento del Yonne (Francia); sistema que empleé igualmente en varios casos, principalmente para determinar la cantidad de agua que baja de la quebrada de la represa: cuya vertiente alimenta de agua la represa que construyó don José Letelier en Vichiculen (Llailai) para regar 91, <sup>cuad.</sup>041.

Este método consiste en formar una abertura de 0,<sup>m</sup>20 de ancho con 0,<sup>m</sup>20 de altura en una plancha delgada de fierro de 0,<sup>m</sup>30 de ancho sobre 0,<sup>m</sup>25 de altura (fig 6 lámina II); dejando de tres lados solamente de esta plancha de fierro un ancho de 0,<sup>m</sup>05.

El costado de la plancha opuesta al lado abierto se pondrá horizontalmete en el lecho del rio, perpendicularmente a la direccion de la corriente del agua, sobre los dos costados que serán verticales se trazará una escala en milímetros, principiando las divisiones en la parte inferior de la abertura. Para emplear este botador, se pondrá como he dicho, la parte opuesta al lado abierto horizontalmente en el lecho del rio, perpendicularmente a la corriente, poniendo champa o greda en la base i en los costados, de modo que no haya ninguna filtracion i que toda el agua tenga que pasar por la abertura ya descrita.

Es preciso tener el mayor cuidado de buscar, para establecer ese tranque botador, el lugar de menos pendiente del cauce para que el agua llegue al botador con mui poca corriente. Si no hubiese semejante lugar seria preciso formarlo, trabajando una lagunita artificial por medio de champas o piedras con greda, para tener mas certeza de evitar errores en la operacion.

Cuando pasa el agua por el botador, se nota la altura de ella sobre el borde i se lee en la escala de los costados de la plancha el número de milímetros indicados.

Sobre las dos escalas de los costados, la altura del agua debe acusar el mismo número de milímetros, lo que indicará que la plancha está puesta horizontalmente, lo que es indisepable para que la operacion salga exacta.

El número de milímetros señalados por las escalas indicando la altura del agua en el botador, se pone en la forma siguiente:

$$Q = 0,405 l h \sqrt{2 g h}$$

$Q$ , siendo la cantidad de agua buscada, que pasa en un segundo  
 $l$ , siendo el ancho del botador que en ese caso es igual a 0,<sup>m</sup>20

$h$ , la altura del agua que está pasando sobre el botador, cantidad dada en milímetros por las escalas

$g$ , es la velocidad de la caída del agua en virtud de la gravedad que anima un cuerpo cualquiera, despues de un segundo de tiempo de caída; esa cantidad es en Santiago igual a 9,<sup>m</sup>7966.

0,405, es el coeficiente que ha sido encontrado por experimentos en casos análogas por Poncelet i Lesbros.

Si el ancho de 0,<sup>m</sup>20 del botador es poco para que pudiera pasar todo el agua de un cauce, se empleará uno de 0,<sup>m</sup>30 de ancho de abertura, o de 0,<sup>m</sup>40, poniendo en la fórmula anterior ese mismo ancho de 0,<sup>m</sup>30 o de 0,<sup>m</sup>40 para el valor de  $l$ .

Para evitar estos cálculos se puede emplear la tabla siguiente que calculé para los tres anchos de botadores, de 0,<sup>m</sup>20, 0,<sup>m</sup>30 i 0,<sup>m</sup>40 i por una altura de agua variando de 5 en 5 milímetros, desde 5 hasta 100 i de 10 en 10 milímetros, desde cien hasta 200.

Altura de agua encima del botador.	CANTIDAD DE AGUA EN 24 HORAS.		
	Botador de 0, <sup>m</sup> 20 de ancho.	Botador de 0, <sup>m</sup> 30 de ancho.	Botador de 0, <sup>m</sup> 40 de ancho.
MILÍMETROS.	MÉTROS CÚBICOS.	MÉTROS CÚBICOS.	MÉTROS CÚBICOS.
5	10, <sup>m</sup> 952496	16, <sup>m</sup> 428744	21, <sup>m</sup> 901992
10	30, 732928	46, 099392	61, 465856
15	56, 896992	85, 345488	113, 793984
20	87, 619968	131, 429952	173, 239936
25	122, 454504	183, 681756	244, 909008
30	161, 041824	341, 562736	322, 083648
35	202, 813632	304, 220448	405, 627264
40	248, 023296	372, 034944	496, 046592
45	295, 732320	441, 598480	591, 464640
50	346, 350816	524, 526229	692, 701632
55	399, 538666	599, 307999	799, 077332
60	455, 175936	682, 763904	910, 351872
65	513, 132688	769, 699032	1026, 265476
70	582, 298848	873, 448272	1164, 597696
75	636, 154560	954, 231840	1272, 309120
80	700, 399872	1050, 596898	1400, 799744
85	767, 671992	1151, 507988	1535, 343984
90	829, 068480	1243, 602720	1658, 136960
95	906, 852672	1360, 279008	1813, 705344
100	976, 636032	1384, 954048	1953, 272064
110	1121, 101632	1686, 152448	2248, 203264
120	1287, 425064	1931, 137596	2574, 850128
130	1455, 667200	2183, 500800	2911, 338400
140	1622, 509056	2433, 763584	3245, 018112
150	1800, 424800	2700, 637200	3600, 849600
160	1981, 946880	2972, 920320	3963, 893760
170	2171, 253600	3256, 880400	4342, 507200
180	2368, 258560	3552, 387840	4736, 517120
190	2557, 663280	3836, 494920	5115, 326560
200	2769, 966720	4154, 950080	5539, 933440

## SEGUNDO MÉTODO POR NADADORES.

Conociendo la seccion de una corriente de agua i la velocidad de ella, es decir el espacio que pueda caminar cada una de sus moléculas en la unidad de tiempo, que es el segundo; multiplicando estos dos datos uno por otro, se tiene por producto el volúmen de agua que pasa, lo que se escribe aljébricamente por  $Q = s v$ .

$Q$  indicando la cantidad de agua que se busca;

$s$  la seccion del volúmen de la corriente de agua;

$v$  la velocidad media de toda la corriente.

La seccion del volúmen de agua se consigue por ciertos métodos

que varían, según la cantidad de agua que pasa i según también el lecho del río o estero que se quiere medir.

Cuando el volúmen de agua no es muy grande, es decir, que el río o estero es pequeño no pasando su ancho de 1,<sup>m</sup>50, se puede formar un canal de madera de 15 a 20 metros de largo de forma rectangular que se asegura en el lecho del cauce, poniendo champa entre el canal i las riberas del estero, de modo que toda el agua pase por él; midiendo la altura  $h$  del agua en dicho canal, el ancho  $l$  es conocido; la sección será igual a la altura del agua multiplicado por el ancho; i se tendrá  $s=lh$ .

Cuando el ancho del cauce es mas grande que 1,<sup>m</sup>50 i no pasa de 8 metros, si se quisiera emplear este método se entraria en gastos subidos, por economía se hace solamente recortar las riberas dándole un chaflan o talud tal que las tierras puedan sostenerse por sí, i eso, en una estension de 25 metros por lo menos; también se hace quitar del plan del lecho los saltos que puedan existir o las piedras grandes, para que estos estorbos no atormenten demasiado la corriente; despues se medirá la altura  $h$  del agua en ese cauce, cuya altura multiplicándola por la mitad de la suma del ancho del lecho del cauce i del ancho tomado al nivel del agua, se tendrá la sección; llamando  $l$  el ancho del lecho del cauce,  $l'$  el ancho del nivel del agua, la fórmula siguiente dará la sección:

$$s = h \left( \frac{l+l'}{2} \right)$$

Cuando se tiene que buscar la sección de un río de mucha anchura, no se puede de ningún modo emplear los métodos anteriores. Se busca en el río la parte mas recta que hai, teniendo de 30 a 40 metros de longitud, i en varios puntos se determina el perfil del cauce, por medio de sondeos hechos a igual distancia unos de otros en un mismo plan perpendicular a la corriente, lo que se consigue fácilmente pasando un cable de una ribera a otra, sobre el cual se señalan distancias iguales i en cada una de estas señales se echa la sonda para de este modo conocer la hondura exacta del agua en cada punto; señalando estos largos en el papel sobre unas líneas paralelas i equidistantes, i reuniendo los extremos por medio de líneas, se consigue una sucesion de figuras trapezoidas, de las cuales, es fácil determinar la superficie; la suma de todas estas superficies es la sección encontrada en ese punto. Repitiendo la misma operacion en varios puntos del lecho del río en el espacio de los 30 a 40 metros de longitud antedicho, la

suma de estas secciones dividida por el número de estaciones, dará la seccion media del rio que se necesita para establecer los cálculos de la cantidad de agua que pasa.

Teniendo ya el medio de conseguir en cualquier caso la seccion de una corriente de agua, no nos falta mas que conocer la velocidad media de esa misma corriente, entre los puntos mismos donde hemos determinado la seccion media, para que tengamos todos los datos indispensables para conocer el volúmen de agua que pasa en la unidad de tiempo.

Se sabe que las capas de una corriente de agua disminuyen de velocidad a medida que éstas se alejan de la superficie i se acercan al lecho del rio; se sabe tambien que si se divide la capa superior del agua por hilos paralelos a las riberas, la velocidad de estos mismos hilos disminuye desde la medianía del rio hasta las riberas, cuando el rio tiene similitud desde el centro hácia sus riberas. De modo que para tener la velocidad media del volúmen entero del agua de un rio cualquiera, será preciso no solamente tener la velocidad media de la capa superior, sino tambien de las capas que se encuentran a varias honduras.

La velocidad media de la capa superior de un rio es fácil conseguirla como lo veremos mas adelante, pero para tener la velocidad media de las capas a diferentes honduras, se necesitan aparatos que no son fáciles de encontrar en este país i que todos no pueden poseer. Para obviar estos inconvenientes algunos sabios han hecho experimentos para determinar por varias velocidades medias de la superficie, la relacion que ésta tiene con la velocidad media de todo el volúmen del rio, es decir, la fraccion por la cual es preciso multiplicar la velocidad media encontrada en la superficie, para tener la velocidad media de todo el volúmen de la corriente.

Esta tabla la presento aquí: ha sido hecha para la velocidad media desde 0,<sup>m</sup>10 por metro en un segundo hasta 4,<sup>m</sup>00. Con estas velocidades medias se tienen todas las que se pueden encontrar jeneralmente en semejantes trabajos.



Velocidad media a la superficie en un segundo.	Relacion de la velocidad media a la velocidad de la superficie.
0, <sup>m</sup> 10	0, <sup>m</sup> 760
0, 50	0, 786
1, 00	0, 812
1, 50	0, 832
2, 00	0, 848
2, 50	0, 862
3, 00	0, 873
3, 50	0, 883
4, 00	0, 891

La velocidad media de la superficie se consigue sencillamente por medio de nadadores, que son unos pequeños trozos de madera o de colchos, a los cuales se pone debajo un pedacito de plomo, para que así no sobresalgan de la superficie del agua, i evitar que estén impedidos o atrasados en su carrera por efecto de los vientos, debiendo tener ellos la misma velocidad del agua que los conduce.

De antemano en cada ribera del rio se plantan dos postes de modo que estén al frente unos de otros, distantes una cantidad de metros medida ántes de principiar la operacion, consiguiendo si es posible dos líneas paralelas entre ellas i perpendiculares a la corriente del agua. Algunos metros mas arriba de la línea superior indicada por los dos primeros postes se ponen los nadadores en medio de la corriente i a varias distancias de la parte media del rio, cuando llegan a la primera línea, es decir, en la línea señalada por los dos primeros postes, se mira el cronómetro de segundos; i trasportándose a la segunda línea, se anota el número de segundos que cada uno ha exigido para recorrer el espacio entre las dos líneas. El cociente del espacio recorrido por el número de segundos empleados en el trayecto de cada nadador, da la velocidad de cada uno o mas bien dicho, la velocidad de los hilos de agua en los cuales han sido puestos cada nadador. La suma de todas estas velocidades dividida por el número de nadadores empleados, indica la velocidad media de la superficie. Multiplicando este resultado por la relacion de la velocidad media o la velocidad de la superficie que se tiene en la tabla anterior, se tiene precisamente la velocidad media de toda la corriente o la velocidad  $v$  que se buscaba; de modo que se tiene todos los datos indispensables para encontrar la cantidad  $Q$  de agua que pasa.

Si no se quiere emplear la tabla anterior se hace el cálculo de la fórmula siguiente:

$$V = v \frac{V \times 2,372}{V \times 3,152}$$

$v$ , es la cantidad media de toda la corriente, cantidad que se busca;  $V$ , es la velocidad media de la superficie conocida por los nadadores.

Esta fórmula ha sido determinada por de Prony de los experimentos hechos por Dubuat.

En la práctica jeneralmente cuando se busca la mayor exactitud, se multiplica por 0,80 la velocidad media encontrada en la superficie, para tener la velocidad media de toda la corriente.

#### MÉTODO POR EL MOLINETE HIDRÁULICO DE WOLTMANN.

Cuando se tiene un molinete hidráulico de Woltmann a su disposición los nadadores son inútiles, reemplazando éstos consiguiendo la velocidad media con mucha mas exactitud; en este caso, se necesita determinar con exactitud solamente una sola seccion en la cual se tomarán las velocidades del número de hilos de la corriente que se creará necesario, para tener la velocidad media con la exactitud que se desea. Como el molinete es un instrumento delicado i que las operaciones hidráulicas donde se necesitan son escasas, jeneralmente no son comunes, por esta razon hablé mas largamente del método de los nadadores aunque mas largo i menos exacto. Las personas que tengan ese aparato, podrán aprender el modo de emplearlo en cualquier obra de hidráulica, por lo tanto pasaré a esplicar otro método.

#### MÉTODO POR EL MOVIMIENTO UNIFORME.

En el caso de una corriente que tiene menos de 1,<sup>m</sup>50 de ancho, en los cuales se puede poner canales de madera para medir la seccion como lo hemos visto mas arriba, si el canal tiene un largo tal, que se establezca en él el movimiento uniforme, se puede fácilmente por medio de una nivelacion determinar la pendiente  $p$  del canal, i en ese caso, con mucha exactitud se puede emplear la fórmula siguiente:

$$Q = s \left( \sqrt{\frac{2736p}{c}} - 0,033 \right)$$

$s$  es la seccion que hemos visto en este caso, ser igual a  $lh$ , es decir, el ancho del canal multiplicado por la altura a la cual sube el agua cuando se ha establecido el movimiento uniforme.

$c$  es el perímetro mojado igual a dos veces la altura  $h$  a mas el ancho del canal, lo que dará  $c=2h+l$ .

$p$  es conocido por nivelación.

Se reconoce que el movimiento uniforme está establecido cuando la altura  $h$  del agua en el canal no varía en ninguna parte mas abajo del punto donde se ha encontrado dicho movimiento

## V.

### Modos de sacar el agua de un río o estero.

Las aguas se sacan de los ríos o esteros por medio de ciertos trabajos llamados boca-tomas.

Estas boca-tomas son de dos especies, acompañadas de pretilos o sin ellos.

En una boca-toma sin pretil la introduccion del agua en el canal puede hacerse de dos modos: sin necesidad de ejecutar obras de arte, o bien practicando trabajos especiales, que son de tres clases: los botadores, los acueductos de cal i ladrillo cubiertos, o tambien por medio de compuertas.

Cuando los canales comunican libremente con el río o estero, están dispuestos a recibir perjuicios grandes en cada avenida, por descuido de los peones puestos al reparo de las boca-tomas, por dejar entrar en el canal mas agua que la que puede contener, i causar por ese solo hecho unas anegaciones sumamente perjudiciales a la agricultura; sin contar que muchas veces los bordes de los canales están destruidos i se llena el lecho con piedras, cascajo i arena que traen las aguas, tertraplenándolos frecuentemente, lo que exige reparaciones costosas para volver el canal a su estado primitivo.

En estas clases de canales que comunican libremente con los ríos, es indispensable para no tener despues de cada limpia un volúmen diferente de agua del que debia llevar primitivamente, que en el largo de 500 metros por lo menos establecer de un modo firme la boca-toma, o a lo menos de trecho en trecho en ese mismo largo, formar de cal i ladrillo trozos de canal, para que éstos sirvan de guia en las limpias.

No exijiendo las autoridades estos trabajos cuando conceden las mercedes o permisos para sacar agua de los ríos, cada propietario de canal en cada limpia da mas anchura a su canal cerca de la boca-toma, causando perjuicio a los dueños de las tierras colindantes del canal i

borrando los datos de la concesion hecha; de modo que no solamente puede por este hecho originarse pleitos, sino tambien que en años de escasez cuando hai varios canales que deben aprovechar del agua de un mismo rio o estero, no hai base para el cálculo del agua que pasa, i la reparticion equitativa se hace completamente imposible.

Los canales que no comunican libremente con el rio como dije mas arriba, tienen a la entrada o boca-toma, sean botadores, boca-toma de albañilería cubierta por construcciones de cal i ladrilo sin compuertas, o estas mismas construcciones con compuertas de fierro o de madera.

Las tomas con botadores limitan la cantidad de agua que debe entrar en el canal solamente en el tiempo de las aguas regulares, impidiendo en parte el embanque del canal no dejando pasar la arena gruesa, pero de ningun modo la delgada. En las avenidas estas construcciones aunque costosas, sirven mui poco i no las aconsejaria en este país por la variacion grande que hai en la altura del agua en los rios i el poco efecto que pueden producir cuando mas se necesita de estas obras.

Las boca-tomas de albañilería i cubiertas cuando no tienen compuertas resguardan poco los canales en las avenidas, impidiendo solamente en parte la entrada al golpe de agua, pero en nada puede resguardarlos en contra de los embanques: sin embargo que estas construcciones son siempre caras.

Los solos trabajos que puedan resguardar los canales de los peligros de los embanques i de la entrada de demasiada agua en ellos, son los trabajos de compuertas; sea que se hagan éstas de fierro o madera. Estas compuertas pueden ejecutarse de modo que se levanten verticalmente por medio de aparatos que varian segun el tamaño i peso de ellas, para que un solo hombre en caso de apuro pueda manejarlas, por esa misma razon si el canal es demasiado ancho i que una sola compuerta por su peso no pueda ser manejada por un solo hombre, aunque con aparatos, se divide el ancho del canal en dos o mas boquerones separados por pilastras de albañilería, poniendo en cada uno de ellos una compuerta que puede ser manejada por un solo hombre.

En lugar de hacer compuertas que se levanten por medio de aparatos, se puede construir las de modo que jiren sobre un eje vertical puesto en su centro, i por medio de un manubrio será fácil hacerla jirar con poco esfuerzo aunque el agua las golpee, porque obrando la fuer-

za de la corriente sobre la mitad de ella para impedir el cierro, tambien obra sobre la otra mitad con la misma fuerza para ayudar a cerrarla.

En todo caso el trabajo de la construccion que deben recibir las compuertas debe ser hecho con el mayor cuidado i esmero para que las aguas no las destruyan por los cimientos; para conseguir este fin, se emplean buenos enrocamientos i buena cal hidráulica en una parte bastante larga del plan del canal, adelante i atras de las compuertas.

Aunque en los rios se establezcan pretilos para levantar el nivel del agua, lo que es siempre indispensable ejecutar en este país para echar el agua a los canales; es siempre necesario levantar las obras que se acaban de ver para evitar los efectos destructoros de las avenidas, i con mas razon si se considera que los pretilos estorban la corriente del agua por el cauce natural, i si no se tiene compuertas el pretil mismo será la principal causa de la entrada del elemento destructor en el mismo canal.

Los pretilos se establecen inmediatamente mas abajo de las bocatomas de los canales pero se hacen de dos modos, sean fijos o inamovibles, o bien amovibles; es decir, que estos últimos puedan hacerse desaparecer en parte en las avenidas.

Los pretilos fijos o inamovibles varian en sus construcciones segun la importancia de ellos. Cuando estas obras se ejecutan para levantar el nivel del agua en un estero de poca importancia, se contentan muchas veces los agricultores de formarlas con algunas estacadas i ramas, sobre las cuales cargan piedras i cascajo. Aunque en este país se emplea este sistema en todos los casos de toma de agua, que sea en toma de poca importancia o bien en tomas grandes como se ve en todo el rio de Aconcagua, empleando las estacas reunidas por la parte superior, lo que se llama *piés de cabra*; es un trabajo que al fin por tener que rehacerlo a menudo despues de cada avenida asciende a un gasto subido i salen estas construcciones a un precio nada despreciable; dejan cuando se los lleva el rio los canales en seco, precisamente en el tiempo que los campos necesitan mas riegos por bajar las avenidas en la época de los mayores calores; el agua siendo el resultado del deshielo de las nieves de la cordillera.

Por esa razon la Sociedad del Canal de Maipo que empleaba tambien este sistema desde el tiempo de su fundacion, acordó en su junta de diciembre 5 de 1845, reemplazar el pretil de piedras i ramas que se hacia cada año en el rio de Maipo en la boca-toma del canal viejo,

por un pretil de una construccion sólida, i se leyeron a los accionistas las consideraciones siguientes para que aprobaran estos trabajos.

«El canal viejo, primer cuidado de esta Sociedad, despues de haberse trabajado largo tiempo ahondándolo, fortificándolo, dándole corriente i de haberse hecho boca-toma nueva i desagües aun estaba incompleto, porque era necesario formarle anualmente un pretil de piedra i rama que atajase el rio para completar con escasez las acciones, i fallando las mas veces aquel taco por creces muy comunes, causaba una merma que atrasaba los riegos en la estacion mas urgente, dejando burladas las esperanzas i aruinados los productos que debieran ser mas seguros. Los directores observando mas de cerca este mal i que a pesar del crecido gasto orijinado por el monte cada día mas escaso, no se remediaban los perjuicios, resolvieron unánimemente adoptar el único i eficaz remedio que podia presentarse estableciendo con actividad los siguientes trabajos.

«Entre varios trabajos el pretil siguiente:

«5.º Construir de cal i ladrillo cuatro grandes machones en la misma direccion que se hacia el pretil de ramas para atajar el rio, fijándose fuertes cadenas en las argollas dejadas al intento que sirviesen de fáciles pretiles, gobernados como ligeras compuertas sin mayor gasto ni trabajo.

«6.º Dejar un ancho desagüe de medida entre la boca-toma i primer machon, formándole el pavimento de grandes piedras engrapadas con fierro, etc. para que cargando el rio hácia la toma pasase por ahí cuanto pudiera embancarla.»

Pasta con este ejemplo para ver que, si los pretiles de piés de cabra con ramas i piedras pueden emplearse en canales de poca importancia, en los canales de alguna consideracion no pueden servir, no solamente por el gasto que orijinan sino tambien por lo inseguro que es el riego con semejantes obras.

Los pretiles inamovibles se construyen de varios modos, sea formándolos de cajones rellenos de piedras, sea todo de albañilería; pero en todo caso la pared por donde cae el agua no debe ser vertical sino en plan inclinado para evitar que el agua en su caída forme remolinos i escarve el pié de la construccion, lo que causaria indudablemente la destruccion en muy corto tiempo. Tambien es preciso defender estas construcciones, tanto adelante como atras, con buenos enrocamientos de un largo tanto mas grande cuanto el terreno del lecho del rio es mas fácil para ser arrastrado por el agua.

Se debe tener igualmente mucho cuidado que el plan superior de la obra donde pasa el agua sea bien horizontal, para que la capa de agua que pasa sea del mismo espesor en toda la obra, de modo que la acción destructora del agua esté repartida en un largo mas grande i con uniformidad, siendo así de poca fuerza en cualquier punto de la construcción.

Cuando los pretiles son cortos, es decir, cuando el río o estero es angosto, se pueden construir rectos de una ribera a otra, pero cuando el ancho es considerable, para darles mayor resistencia se forman los pretiles de dos líneas rectas, formando en el medio del río un ángulo, debiendo mirar la punta del ángulo la parte superior del río, de modo que pueda resistir con mas facilidad al empuje del agua.

Algunas veces en lugar de formar el pretil de líneas rectas con ángulos se le da la forma de un arco, poniendo la parte convexa hácia la parte superior del río; en estos casos, como en el de los pretiles rectos, es indispensable defender estas construcciones adelante i atrás contra la acción destructora de los remolinos i de la caída del agua, i evitar de darles mas de dos metros a 2,<sup>m</sup>50 de altura; de otro modo son mui expuestos a ser destruidos en las avenidas.

Cuando los terrenos de las riberas son blandos, es urgente para asegurar estas construcciones en las riberas, darles bastantes raíces, de otro modo, el agua al fin del tiempo llevándose las riberas destruiría la obra, lo que ha sucedido varias veces.

Para evitar que estas construcciones esten destruídas en las avenidas, i tambien para impedir que las aguas no pudiendo pasar fácilmente por su cauce natural, haga perjuicios a los terrenos vecinos de las riberas se forman pretiles amovibles; es decir, que se puedan quitar casi del todo cuando bajan las avenidas, dejando al agua su curso natural; para conseguir ese objeto se han inventado varias clases de pretiles amovibles; unos consisten en vigones que se pueden quitar i poner con facilidad, apoyando sus extremos sobre unos machones de piedra i cal o de cal i ladrillo; la maniobra de estos pretiles, para hacerlos desaparecer es rápida con pocos hombres, teniendo cuidado de retener los vigones por medio de cadenas para que no los lleve la corriente. Para formar el pretil, o mejor dicho, para cerrar el boquete del pretil, se ponen los vigones horizontalmente unos sobre otros descañando el primero sobre una solera asegurada en el lecho del boqueron i entre cada vigon se pone un poco de estopa con alquitran para evitar las pérdidas de agua por las junturas de la madera.

Se han construido pretiles amovibles que pueden hacerse desaparecer con mas rapidez que éstos, pero son trabajos que necesitan hombres acostumbrados a manejarlos, i no pueden ser de mucho uso en este país por tener las piezas de las cuales se componen estos pretiles que quedan en el mismo lecho del rio, pasando el agua por encima; i como los ríos en tiempo de avenidas llevan jeneralmente muchas piedras grandes, seria mui factible que despues de la primera avenida no pudiese servir de nuevo el pretil por tener algunas piezas quebradas i talvez todas.

Aconsejaria tambien en los ríos de Chile no ejecutar las obras de cal i ladrillo sino de piedras i cal, elijiendo las piedras mas duras por tener mas resistencia a los choques de las que están rodando con las aguas en las avenidas.

## VI.

### Trabajo i pendiente de los canales

Cuando se puede tener agua para los regadíos, sea que se saque ésta de un rio o estero por medio de una sangria que se haga en ellos, o bien sea por medio de un estanque donde se reunen las aguas de lluvias o de vertientes, es indispensable conducir las desde estos puntos hasta los campos que se quieren beneficiar con ellas; esta conduccion se hace por medio de obras de arte, a las cuales se da el nombre de canales de irrigacion.

Se distinguen varias clases de canales de irrigacion, diferenciándose unas de otras tanto bajo el aspecto de sus dimensiones, como por la naturaleza de las obras que se necesitan ejecutar en ellos. Unos conducen el agua en un cuerpo desde el punto de partida hasta el lugar donde se tiene que subdividir las para su reparticion; estos se llaman canales principales o canales madres, cuya seccion debe ser constante en todo el largo de ellos, o a lo menos en cada punto de su curso deben tener una seccion tal que contengan la misma cantidad de agua. Despues vienen los canales de distribucion o secundarios que se estrechan a medida que reparten las aguas que llevan; i en fin, siguen los canales de regadío o terciarios que tambien se reparten en ramificaciones segun la necesidad del regadío.

Muchas veces en reparticiones pequeñas los canales principales o madres, son al mismo tiempo canales repartidores, i algunas veces aunque raramente, son tambien canales de regadío al estremo de ellos.



Todos estos canales a cualquier clase que pertenezcan deben tener siempre la línea superior del agua que llevan a una altura mayor al nivel del terreno que deben regar, de lo contrario, para el regadío no se podría emplear mas que el sistema llamado por infiltraciones. Es preferible dar siempre a los canales mas anchura que hondura, no solamente para disminuir los gastos de abertura de ellos sino tambien para evitar la pérdida de agua por filtraciones; por haber sido probado por los esperimentos hechos por el ingeniero belga M. Keelhoff en los terrenos de la campiña, que las acequias hondas perdian mucho mas aguas por filtraciones que las acequias de poca hondura; sin duda por el peso de las capas superiores del agua que obligan a la capa inferior a penetrar en el terreno, principalmente cuando éste tiene la propiedad de dejarse penetrar fácilmente por el agua.

Para evitar los derrumbes en las paredes de los canales, se deben hacer estas con chaflanes o talud, que deben ser naturalmente mas tendidos cuanto mas blando es el terreno. Para ejecutar el trabajo de un canal se debe principiar por abrirlo del ancho que debe tener en el piso una vez concluido; cortando verticalmente las paredes i en seguida de ejecutado este trabajo, que debe haber sido primeramente trazado por medio de la lienza, se traza del mismo modo una línea de cada lado del canal a una distancia del borde igual a la mitad de la diferencia del ancho de la base o plan del canal con el ancho de la boca. Es indispensable tener el mayor cuidado que todos los peones trabajen de modo que den al talud una inclinacion uniforme para que el agua no encuentre tropiezo en su corriente, lo que pudiera indudablemente dar lugar a que cerca de estos puntos se formasen remolinos i se esté comiendo los bordes del canal. El chaflan o talud que se puede dar a las paredes de los canales depende de la naturaleza del terreno, variando desde un metro a dos por metro de altura, i en terrenos de poca consistencia se dan chaflanes mas suaves. En los terrenos de rocas no se dan chaflanes, tanto por economía en la obra, como por ser inútil, puesto que el terreno es bastante firme para sostenerse verticalmente.

En todo caso, es indispensable que la parte superior del borde de la acequia o canal, tenga una altura de 0,<sup>m</sup>30 a 0,<sup>m</sup>40 mas alto que el mayor nivel del agua que tendrá el canal, para evitar las inundaciones i los perjuicios que orijinarían semejantes construcciones a los campos colindantes.

El ancho de todos los canales se determina de modo que él sea

capaz de contener el agua necesaria para el regadío que se quiere ejecutar; i tambien las aguas que se calculan pueden perderse por filtraciones i evaporacion.

Estos cálculos son sencillos i se ejecutan del modo siguiente:

La cantidad de agua que puede contener un canal o acequia depende del tamaño de la seccion i de la corriente del agua. La seccion se consigue multiplicando la altura del agua por la mitad de la suma del ancho del plan del canal con el ancho de éste a la altura del nivel del agua, i la velocidad de la corriente está determinada por la pendiente que se quiere dar a la obra.

Se llama:

$Q$ , la cantidad de agua que debe contener el canal;

$s$ , la seccion de este canal;

$c$ , el perímetro mojado;

$v$ , la velocidad media del agua;

$p$ , la pendiente por metro del canal, o la diferencia de nivel de dos puntos distantes de un metro medido horizontalmente, se tendrá:

$$\frac{s}{c} i = a V + b v^2$$

$$Q = sv.$$

$a$  i  $b$  son constantes que De-Proni, segun los esperimentos hechos por Dubuat i Eytelwein, ha encontrado con los valores siguientes:

$$a = 0,00036554 \quad b = 0,06638.$$

El perímetro mojado depende de la forma del canal; si esta forma es la de un rectángulo, se tendrá, llamando  $l$  el ancho i  $h$  la altura.

$$c = l + 2 h$$

$$s = l h$$

conociendo el valor que se quiere dar a  $Q$ , la cantidad de agua; se encontrará el valor correspondiente a  $l$  i  $h$ .

Se dijo mas arriba que jeneralmente se da a las paredes de los canales unos chafflanes, dando así a la seccion una forma trapezoidal; pero en la práctica, en los canales de regadío, se considera solamente el ancho del plan, dejando el ancho que resulta de la forma trapezoidal para compensar los obstáculos que presentan siempre a la corriente del agua por las plantas acuáticas que crecen espontáneamente en el canal.

Para determinar el ancho de los canales, se tiene una fórmula

empírica presentada por Tadini que ha verificado su exactitud por un gran número de esperimentos que ejecutó en los canales de regadío de Italia. Esta fórmula da el ancho del canal en el plan, conociendo la cantidad de agua que debe llevar i la altura del agua en ese mismo canal, la fórmula es la siguiente:

$$l = \frac{Q}{50 h \sqrt{hi}}$$

Los ángulos al horizonte que corresponden a los valores diferentes de  $i$  se encuentran en la tabla siguiente:

Pendiente por metro.	Ángulo con la horizontal.	Pendiente por metro.	Ángulo con la horizontal.
0, <sup>m</sup> 001	0° 3' 26"	0, <sup>m</sup> 040	2° 17' 26"
0, 002	0 6 52	0, 045	2 34 36
0, 003	0 10 18	0, 050	2 51 45
0, 004	0 13 45	0, 055	3 8 53
0, 005	0 17 10	0, 060	3 26 2
0, 006	0 20 37	0, 065	3 43 8
0, 007	0 24 3	0, 070	4 0 15
0, 008	0 27 30	0, 075	4 17 21
0, 009	0 30 56	0, 080	4 34 26
0, 010	0 34 23	0, 085	4 51 30
0, 011	0 37 48	0, 090	5 8 33
0, 012	0 41 15	0, 095	5 25 36
0, 013	0 44 41	0, 100	5 42 38
0, 014	0 48 8	0, 150	8 31 51
0, 015	0 51 33	0, 200	11 18 36
0, 016	0 55 0	0, 250	14 2 10
0, 017	0 58 30	0, 300	16 41 58
0, 018	1 1 52	0, 350	19 17 25
0, 019	1 5 18	0, 400	21 48 8
0, 020	1 8 45	0, 450	24 13 39
0, 021	1 12 11	0, 500	26 34 13
0, 022	1 15 37	0, 550	28 48 38
0, 023	1 19 3	0, 600	30 57 51
0, 024	1 22 30	0, 650	33 1 26
0, 025	1 25 55	0, 700	34 59 30
0, 026	1 29 22	0, 750	36 52 11
0, 027	1 32 48	0, 800	38 39 34
0, 028	1 36 14	0, 850	40 21 53
0, 029	1 39 40	0, 900	41 59 14
0, 030	1 43 6	0, 950	43 31 52
0, 035	2 0 17	1, 000	45 " "

¿Cuál es la pendiente que se debe dar a los canales de regadío? Tal es la pregunta que varias personas han hecho repetidas veces al autor de esta Memoria.

Es imposible contestar a semejantes preguntas; la pendiente en estas obras variando al infinito, bajo el influjo de consideraciones de una multitud de circunstancias, tanto locales por la naturaleza misma del terreno que se atraviesa con estas obras, como por la relacion precisa que hai entre el punto de partida del agua o la toma del canal, con el punto de llegada de esa misma agua.

En regla jeneral, se debe tener presente que en todo proyecto de canal se debe buscar de hacer participar del beneficio del riego, al número mas grande de cuabras de terreno, con el menor gasto posible, cuando se tiene agua con abundancia, para de este modo hacer bajar los costos de produccion; pero esa economía que se busca no debe ser en perjuicio de la firmeza de la obra, ni con un aumento considerable de gastos de limpia ni de refacciones.

Cualquier estudio de abertura de canal de regadío puede clasificarse en los tres casos diferentes que voi a examinar:

1.º El punto donde debe llegar el agua estando determinado por una circunstancia cualquiera, se deja al ingeniero la eleccion del punto donde debe establecerse la toma;

2.º El punto de partida o toma del canal estando determinado, se deja al ingeniero la eleccion del punto de llegada del agua;

3.º Los dos puntos, el de partida o toma i el de llegada estando los dos determinados.

Veamos detalladamente en cada uno de estos casos dados las consideraciones que se debe tener presente para hacer el estudio del proyecto, para que la obra dé los resultados que se espera de ella, con el menor gasto posible; para que así bajen los gastos de produccion que es lo que se debe buscar en todo proyecto agrícola o industrial.

#### PRIMER CASO.

Estando determinado solamente el punto de llegada del agua. Este caso se encuentra frecuentemente, cuando se saca el agua de un rio o estero para el regadío de un fundo de campo señalado, o bien para dar agua a una poblacion o tambien cuando se ofrece sacar el agua necesaria para servirse de ella para dar movimiento a las máquinas hidráulicas. No hai duda, cuando se saca agua para regar un fundo no habiendo circunstancias particulares que coharten la voluntad del dueño, éste desea regar toda su heredad; i por consecuen-

cia determina para punto de llegada del agua la parte mas alta de la hacienda que contenga terrenos buenos para el cultivo.

Esta condicion es la que se encuentra mas a menudo en la práctica i es el proyecto de mas fácil ejecucion. Para resolver la ejecucion satisfactoriamente, no se debe tener otra consideracion que la de buscar pendiente mas adecuada a la clase de terreno que se encuentra en el tránsito del canal; teniendo cuidado que si las aguas traen turbias no dar al agua una velocidad media que sea menor de 0,<sup>m</sup>50 para no dar lugar a la precipitacion de las materias en suspension en ella i ocasionar muchos gastos en limpia del canal; lo que seria no solamente una pérdida de dinero en trabajos de peones, sino tambien una pérdida de abono excelente para las tierras. Con una velocidad demasiado débil en el agua de un canal, éste se obstruye fácilmente, tanto por los depósitos que dejan las aguas turbias, como por las plantas acuáticas que se crian con mucha facilidad en una agua remansa i hacen disminuir la capacidad de un canal algunas veces hasta la mitad. Si el terreno que se atraviesa con la obra es de mucha firmeza, se puede sin inconveniente dar una pendiente bastante fuerte lo que ahorrará de dar mucho ancho al canal, pero en compensacion, este saldrá de un largo mayor. Para hacer un proyecto acertado en este caso, será indispensable estudiar varios proyectos sobre diferentes pendientes, estableciendo tablas detalladas del costo de cada obra; poniendo en estas tablas no solamente el número de metros cúbicos de materias que se tendrá que extraer i el costo de esta misma extraccion segun la clase de terreno que se atraviesa en cada proyecto, sino tambien los varios trabajos accesorios que se tendrá que ejecutar; tales como puentes para el paso de la jente i animales sobre el canal, acueductos para el paso de las aguas de otros canales o las de lluvias, sea debajo o encima de la obra, las fortificaciones indispensables de ejecutar para el paso de las quebradas, i en fin, cualquier trabajo que se necesite levantar para el buen acierto del proyecto; comparando estas tablas, se resolverá el trazo mas adecuado que se debe ejecutar.

#### SEGUNDO CASO.

Siendo determinado el punto de partida e indeterminado el punto de arribo.

Las consideraciones que se deben tener presentes en este caso son:

ejecutar la obra de modo que se pueda regar el mayor número de cuadras de terrenos, si el agua no está medida, con el menor gasto posible en la construcción, sin que por eso se deje de tener a la vista el aprovechar las turbias de las aguas i evitar las limpias a menudo del canal. En este caso como en el anterior, no sería conveniente dar al agua del canal una velocidad media menor de 0,<sup>m</sup>50 o mas bien, como las turbias que llevan las aguas no son de la misma naturaleza en todas partes ni del mismo peso específico, si por casualidad, hai canales establecidos en el mismo lugar que lleven de esas mismas aguas, se pueden hacer algunos experimentos en ellos i determinar con seguridad la velocidad mínima que se puede dar para que las materias en suspensión en el agua no se depositen i dar esa pendiente mínima en todo el canal. Obrando así, se tendrá una base segura sobre la cual se podrá beneficiar con el regadío un número mayor de cuadras de terreno, sin perder de aprovechar bajo todos aspectos las ventajas del riego.

#### TERCER CASO.

Cuando el punto de partida i el de arribo del agua está determinado.

En este caso, no hai mas que practicar una nivelacion del terreno entre los dos puntos determinados, para conocer la diferencia de altura que existe entre los dos; i si esta diferencia es pequeña, repartirla igualmente en todo el largo del canal, acortando cuanto sea posible sin aumentar mucho los gastos de abertura el largo del canal por medio de cortes, para no hacer dar rodeos al agua a las puntillas i conseguir de este modo mayor velocidad en la corriente.

Muchas veces en cortes de puntillas, cuando estos trabajos estan bien estudiados i se aciertan, no solamente se gana mayor pendiente por dar menos largo al canal, sino que tambien se hace economías notables, tanto en los gastos primitivos de apertura del canal como en los gastos de limpias.

Estos ahorros que se hacen en la pendiente si no hai necesidad de repartirla en todo el largo del canal, por tener el agua bastante velocidad, se podrán emplear i repartir en las partes del canal que atraviesan terrenos duros; i así ahorrar considerablemente en los gastos de apertura, de modo que estos trabajos que pueden parecer a primera vista ser de mas costo son en resumidas cuentas los mas económicas.

Cuando en los varios casos que hemos examinado, la diferencia de pendiente entre la toma i el lugar del empleo del agua es demasiado grande, es preciso reducirla para evitar que con la velocidad que pueda adquirir el agua se destruya la obra; para anular ese efecto es indispensable formar el canal de varios trozos puestos a alturas diferentes i comunicar estos trozos unos con otros por medio de caídas. Estas obras son costosas para hacerlas de un modo firme i necesitan todo el cuidado del ingeniero para que no esté comprometida toda la obra por un defecto que se encuentre en ellas, o a lo menos para que semejantes obras siendo mal hechas, sea una causa de reparaciones costosas para el propietario.

Como se ve por las consideraciones espuestas en estos tres casos, la pendiente en los canales puede variar, no solamente de un canal a otro, pero tambien en un mismo canal de un punto a otro, segun la clase de terreno que se atraviesa con la obra. Como se ve tambien, se puede dar pendientes grandes en varios casos, pero se debe tener un cuidado especial que la velocidad que puede adquirir el agua en el plan i las paredes de los canales no sea demasiado grande en vista de la clase de terreno que se atraviesa, de lo contrario, la obra seria prontamente destruida. No se podrá dar impunemente una velocidad mayor que la que está determinada en la tabla siguiente para los varios terrenos indicados en ella.

Naturaleza del terreno.	Limite de la velocidad al plan.	Velocidad media.
Tierra mojada color moreno. . .	0, <sup>m</sup> 076	0,101
Greda blanda. . . . .	0, 152	0,202
Arena . . . . .	0, 305	0,406
Cascajo delgado . . . . .	0, 609	0,810
Cascajo grueso . . . . .	0, 614	0,817
Piedras quebadas . . . . .	1, 220	1,623
Cascajo pegado i piedras en hoja.	1, 520	2,021
Roca en capa. . . . .	1, 830	2,434
Roca dura. . . . .	3, 050	4,060

Como prueba que se puede dar a los canales de regadío varias pendientes, no solamente de un canal a otro sino tambien en un mismo canal, pondré aquí una tabla de las pendientes que se han dado a varios canales en Europa.

Nombre de los canales.	Pendiente por kilómetros.
Acequias de riego en países de cerro, en el Tirol, altos Alpes. . . . .	2, <sup>m</sup> 00 a 6,00
Canales de alaric, de la Gespe i Tarbes.	2, 22 a 5,00
Canal de Bazar (alto Garona). . . . .	0, 24 a 0,40
Id. de Craponne. . . . .	0, 86 a 2,30
Id. de los Alpes (parte moderna). . .	0, 30 a 0,50
Id. San Julian de Cavaillon . . . . .	0, 45 a 1,60
Id. Marsella. . . . .	0, 30 a 1,00
Id. de Perrelate . . . . .	0, 13 a 0,41
Id. de Ivree (Piamonte) . . . . .	0, 52 a 1,28
Id. particulares modernos en el Piamonte. . . . .	0, 36 a 0,84
Naviglio grande (Milanes). . . . .	0, 20 a 1,55
Canal de Pavia. . . . .	0, 18 a 0,41
Id. particulares modernos en el Milanes . . . . .	0, 27 a 0,62

En Chile no nos faltan tampoco ejemplos de diferencias de pendientes en un mismo canal, así en uno de los canales del llano de Maipo llamado de *San Carlos*, segun la nivelacion que hizo en él don José Antonio Rojas en 1808 se tiene los datos siguientes desde la boca-toma.

Estaciones.	Largo.	Pendiente por kilómet.	Pulgadas por cuadra.
1	125, <sup>m</sup> 40	1,10	6 pulgadas.
2	91, 468	0,92	5 id.
3	185, 707	0,463	2½ id.
4	94, 468	0,74	4 id.
5	67, 72	0,65	3½ id.
6	49, 53	0,37	2 id.
7	114, 53	1,20	6½ id.
8	83, 60	1,30	7 id.
9	83, 60	0,65	3½ id.
10	71, 06	1,57	8½ id.
11	105, 34	1,10	6 id.
12	150, 48	1,85	10 id.
13	125, 40	0,00	0 id.
14	93, 63	0,463	2½ id.
15	40, 96	0,55	3 id.



La última estacion tenia repecho, pero es probable que el trabajo de esa parte no se habia concluido todavía.

El resto del canal debia tener 6 pulgadas por cuadra de pendiente o 1,<sup>m</sup>10 por quilómetro.

En este país principalmente cuando se saca agua de los rios que traen turbias, para evitar que éstas se depositen en los canales, no es conveniente darles menos de 2 a 4 pulgadas por cuadra de pendiente, lo que da por quilómetro 0,<sup>m</sup>37 a 0,<sup>m</sup>74; aun hai muchos canales que tienen 6 pulgadas por cuadra de pendiente o 1,<sup>m</sup>10 por quilómetro, pero segun mi parecer es demasiada pendiente para canales que deben llevar un gran volúmen de agua, porque están mui espuestos en las avenidas aunque pequeñas a tomar una velocidad grande, pudiendo causar perjuicios inmensos a los terrenos que se querian beneficiar con el regadío. Tambien con una velocidad demasiado grande, las aguas no solamente llevan las turbias sino igualmente mucha arena, que es una causa muchas veces, de esterilidad para los terrenos mas feraces.

## VII

### **Pérdidas de agua por filtraciones i evaporacion en los canales i represas.**

El agua que corre por los canales, así como la que está estancada, sea en represa, lagunas naturales o artificiales, disminuye de volúmen por dos causas diferentes, por efecto de la evaporacion i de las filtraciones en el terreno mismo.

Estas pérdidas de agua deben considerarse i calcularse para no tener equivocaciones perjudiciales en los proyectos de regadío.

Voi a estudiar detenidamente estas dos especies de pérdidas.

#### PÉRDIDA POR EVAPORACION.

La pérdida por evaporacion es tanto mas grande cuanto la superficie del agua abraza mas estension, i el espesor de la capa de ella es mas delgada por calentarse con mas facilidad.

Esta pérdida varia de un lugar a otro, i en un mismo lugar de un año a otro segun la temperatura media, máxima i mínima, segun el estado higriométrico del aire i segun tambien los vientos reinantes.

No hai duda que cuanto mas calor está haciendo en un lugar, mas agua se evapora en un tiempo dado, i con mas razon si los vientos son fuertes la evaporacion es mas activa, por estar siempre el agua en

contacto con un aire ménos cargado de humedad que el que ha quedado algun tiempo sobre el depósito de agua.

Cuando el agua está en movimiento, como en los canales, la evaporacion es menor que cuando está estancada, porque esta última recibiendo los rayos del sol se calienta mas facilmente i mucho mas cuando la capa es delgada.

Ningun esperimento que conozca se ha ejecutado en este país sobre esta materia. Solamente en Europa se han hecho algunos, pero estos esperimentos han sido practicados sobre aguas estancadas en aparatos pequeños, influyendo mucho sobre la evaporacion del agua el calor del terreno que rodea el aparato; otros tambien han sido practicados sobre aguas corrientes en canales de regadio, que jeneralmente llevan menos agua i tienen mas corriente que la de los canales que sirven a la navegacion.

Los esperimentos en aparatos pequeños han sido hechos por M. Mauricio de Ginebra en los años de 1796 i 1797, i por M. de Gasparin a Orange (Vaucuse) en los años de 1821 i 1822.

Estos dos sábios emplearon cubos de poca capacidad, de modo que, el agua que contenian debia calentarse luego i por esta razon ser mas rápida la evaporacion, dando por esta causa resultados exajerados, que han sido mes a mes los siguientes:

Meses.	M. Mauricio.	M. de Gasparin.
Enero . . . . .	4, mil.5	57, mil.2
Febrero . . . . .	5, 0	88, 2
Marzo . . . . .	46, 0	139, 0
Abril . . . . .	136, 3	186, 7
Mayo . . . . .	109, 4	227, 7
Junio . . . . .	116, 2	297, 3
Julio . . . . .	147, 5	378, 5
Agosto . . . . .	219, 7	306, 1
Setiembre. . . . .	165, 5	180, 7
Octubre . . . . .	191, 7	181, 2
Noviembre. . . . .	63, 4	103, 3
Diciembre . . . . .	7, 0	115, 4
	<hr/> 1212, 2	<hr/> 2281, 3

Se ve por esta tabla que en sus esperimentos M. Mauricio encontró

que la evaporacion media de todo el año ha sido por 24 horas, de 3, mil.32 i la del verano solamente ha sido de 4, mil.96, i en los tres meses mas fuertes del calor, que son en Europa junio, julio i agosto, alcanzó la evaporacion a 5, mil.37 por 24 horas.

En los esperimentos de M. de Gasparin la evaporacion media de todo el año en él ha sido de 6, mil.25 por 24 horas, la del verano 8, mil.76, i solamente la de los meses de junio, julio i agosto alcanza a 10 mil.91 por 24 horas.

La diferencia entre los resultados de los esperimentos hechos por estos dos sábios es mui grande, talvez consiste esta diferencia en el método que han empleado para ejecutar sus operaciones.

Segun datos de esperimentos hechos por M. Cotte en Motmorency cerca de Paris la pérdida por evaporacion es de 34 milímetros por mes en los meses de noviembre, diciembre i enero; de 81 milímetros en los meses de marzo, setiembre i octubre i es de 135 milímetros por mes en los seis restantes del año; de modo que en 24 horas la evaporacion media es de 3, mil.16 para todo el año, i para el verano es de 4, mil.5; cantidades que se acercan mucho a los resultados dados por los esperimentos de M. Mauricio.

No he podido encontrar en los autores el modo cómo M. Cotte habia procedido para ejecutar sus esperimentos, si en cubos o estanques artificiales, o si en el estanque natural de ese lugar, no encontré mas que el resultado que presento mas arriba.

En Francia se admite que en los canales navegables la pérdida por evaporacion alcanza a una altura de agua de 1, m<sup>30</sup> a 1, m<sup>50</sup> en el año, lo que da en 24 horas una pérdida de 3, mil.5 a 4 milímetros. En los proyectos para evitar toda especie de errores se calcula la pérdida sobre 10 milímetros en 24 horas.

Don Allan Campbell en una memoria que escribió en 1855, sobre la represa que se ejecutó en Catapilco de propiedad de don Javier Ovalle, bajo la direccion de M. Collier, calculó *a priori* la pérdida de agua por efecto de la evaporacion al doble de la pérdida que se observa en Inglaterra, que es de 44½ pulgada inglesas por año, dando 1, m<sup>13</sup> de altura; de modo que aquí segun este ingeniero la evaporacion por año seria de 2, m<sup>26</sup>, lo que daria 6, mil.2 por 24 horas.

Este dato como él lo dice es solamente *a priori*, por no haberse hecho esperimentos sobre esta materia en Chile.

En la misma memoria señala los esperimentos hechos en Inglaterra en el canal de Manchester durante tres años, desde el 1.º de abril

hasta último de noviembre, es decir, durante siete meses, cuyos experimentos han dado para la pérdida por efecto de la evaporacion  $31\frac{76}{100}$  pulgadas inglesas de altura de agua, dando en metros 0,<sup>m</sup>8067, lo que da por 24 horas 3, mil.84.

Esta cantidad de 6, mil.20 por 24 horas que ha señalado don Allan Campbell para la pérdida de agua por evaporacion puede aproximarse mucho a la verdad para la pérdida de agua en los canales de regadío, pero creo que es poco en una represa o laguna artificial donde se calienta con los rayos del sol i principalmente en los estanques que están constantemente espuestos a la corriente de los vientos del sur.

En las lagunas artificiales o represas establecidas en estas circunstancias, creo prudente i aun indispensable hacer entrar en los cálculos, la cantidad de 10 milímetros de altura de agua en 24 horas por pérdida de agua por efecto de la evaporacion.

Aunque esta cantidad de 10 milímetros en 24 horas de pérdida por evaporacion, es demasiado grande para la pérdida por la misma causa en los canales de regadío, creo sin embargo, que se hará bien de adoptarla en semejantes obras, por ser todas estas determinaciones solamente aproximativas: una equivocacion que consiste en dar un poco mas agua a los canales no puede ser tan perjudicial como si se diera de menos que la necesaria.

Reduciendo esta pérdida a la unidad de tiempo que es el segundo, da 0, lit.000115 por metro cuadrado de superficie.

#### PÉRDIDA DE AGUA POR FILTRACIONES.

La pérdida de agua por filtraciones en terrenos idénticos en su composicion es relativa a la superficie mojada, a la altura del agua contenida en el canal o en la represa i al grueso de las capas de terreno que pueden humedecerse, i en fin tambien, al grado de saturacion de estas mismas capas.

Antiguamente se calculaba que la pérdida de agua por esta causa, era igual a 0,50, 150 i hasta dos veces la cantidad perdida por evaporacion.

En los canales de Briare i Loing la pérdida de agua por filtraciones sonlo ménos dos veces la que se pierde por causa de la evaporacion. En el canal de l'Oureq se perdía todavía hacen pocos años en 24 horas una capa de agua de 0,<sup>m</sup>06 a 0,<sup>m</sup>10 de grueso. En el canal del mediodía de Francia la pérdida por evaporacion i filtraciones forma

una capa de agua de 0,<sup>m</sup>03 a 0,<sup>m</sup>04 de altura en 24 horas, pero en el canal de Narbona se estima que la pérdida en el mismo espacio de tiempo es de 0,<sup>m</sup>80, lo que da 12 metros cúbicos de agua por metro corriente de canal: esta pérdida enorme es el resultado de haber formado las paredes de dicho canal con cascajo.

En las obras de canales se cuenta siempre en Europa sobre una pérdida de 0,<sup>m</sup>05 de altura de agua por 24 horas para las dos pérdidas, lo que daría repartido en los números de metros mojados 3<sup>lit.</sup>333 por 24 horas, i por segundo 0,<sup>lit.</sup>000039; esta pérdida puede minorar despues de algunos años de servicio si la obra ha sido bien construida i reposa sobre buenos terrenos.

Para evitar errores tomaremos esta cantidad de 0,<sup>lit.</sup>000039 por segundo para las pérdidas por filtraciones en los canales i las represas, debiendo para establecer estas últimas, buscar precisamente los terrenos mas aparentes para retener las aguas, de lo contrario se ejecutaria un trabajo completamente inútil.

Para los trabajos de canales de regadío tambien tomaremos esa misma pérdida de agua, para tener seguridad que, aunque se tenga que atravesar algunas manchas de terrenos malos, como el agua está corriente i lleva turbias, estos mismos terrenos se mejorarán, i a los pocos años que habrá servido de acequia, las pérdidas por filtraciones serán pocas, principalmente si se tiene cuidado de disolver greda en el agua mas arriba de las manchas de terreno malo.

Cuando el terreno de las acequias es de mala calidad, no se puede casi determinar hasta donde puede ascender la pérdida de agua en semejantes trabajos, no habiendo sobre esta materia mas que unos pocos esperimentos que ejecutó el ingeniero belga M. Keelhoff en 1855 en los campos de la Campiña (Béjica), que no son mas que arenales i por supuesto terrenos mui pasadizos. Este ingeniero obtuvo los resultados siguientes:

En acequias regadoras de 0,<sup>m</sup>28 de hondura, 0,<sup>lit.</sup>037 de pérdida por segundo i por metro cuadrado de superficie mojada.

En acequias regadoras de 0,<sup>m</sup>05 de hondura, 0,<sup>lit.</sup>0232 por segundo i por metro cuadrado de superficie mojada.

En acequias distribuidoras encontró 0,<sup>lit.</sup>0148 de pérdida por segundo i por metro cuadrado mojado.

En fin, en el canal principal de distribucion encontró 0,<sup>lit.</sup>0077 por segundo i por metro cuadrado de superficie. Este resultado es mui inferior a los primeros, aunque si todas las acequias hubiesen estado

en las mismas condiciones, se debería haber tenido una pérdida mayor en estas acequias, por ser mas hondas que las anteriores i tener mas altura de agua, pero esta última acequia segun el autor, estaba abierta hacia ya algunos años i tenia una capa de greda de 0<sup>m</sup>01 a 0<sup>m</sup>015 de espesor.

Se ve por estos experimentos que cuando se tiene que abrir acequias en terreno arenisco se tiene una pérdida enorme de agua, principalmente al principio de su uso, i se ve tambien que con condiciones iguales de terreno las acequias mas hondas pierden mas agua por filtraciones que las mas anchas.

Segun todas estas consideraciones, se verá que la cantidad que determiné mas arriba de 0, lit.000039 por segundo i por metro cuadrado de superficie mojada es una cantidad mayor en el mas grande número de casos que la que se perderá, principalmente considerando que por lo jeneral los canales de regadío tienen mucha corriente i llevan naturalmente turbias.

Las pérdidas de agua por evaporacion se calculan determinando la superficie del agua en las acequias i multiplicándola por 0<sup>lit.</sup>000115, que es la evaporacion que hemos encontrado por segundo i por metro cuadrado de superficie.

Para tener la pérdida por filtraciones tendremos que calcular la superficie mojada de todo el terreno del canal que diferente de la anterior, es la siguiente:

$$\left( (l+2h(\sqrt{n^2+1})) \right) \times L$$

*l*, es el ancho del canal en el plan;

*h*, la altura del agua en el canal;

*n*, el chaflan o talud que se dan a las riberas;

*L*, el largo del canal.

El resultado de esta operacion multiplicado por 0<sup>lit.</sup>000039 dará la pérdida por filtraciones en todo el canal.

### VIII.

#### Apreciacion del volúmen de agua de lluvia que se puede recojer para el regadío.

En Chile son pocos los terrenos que pueden lograr las aguas de un rio para sus regadíos, si se les compara con la estension de los que

Fig. 5.

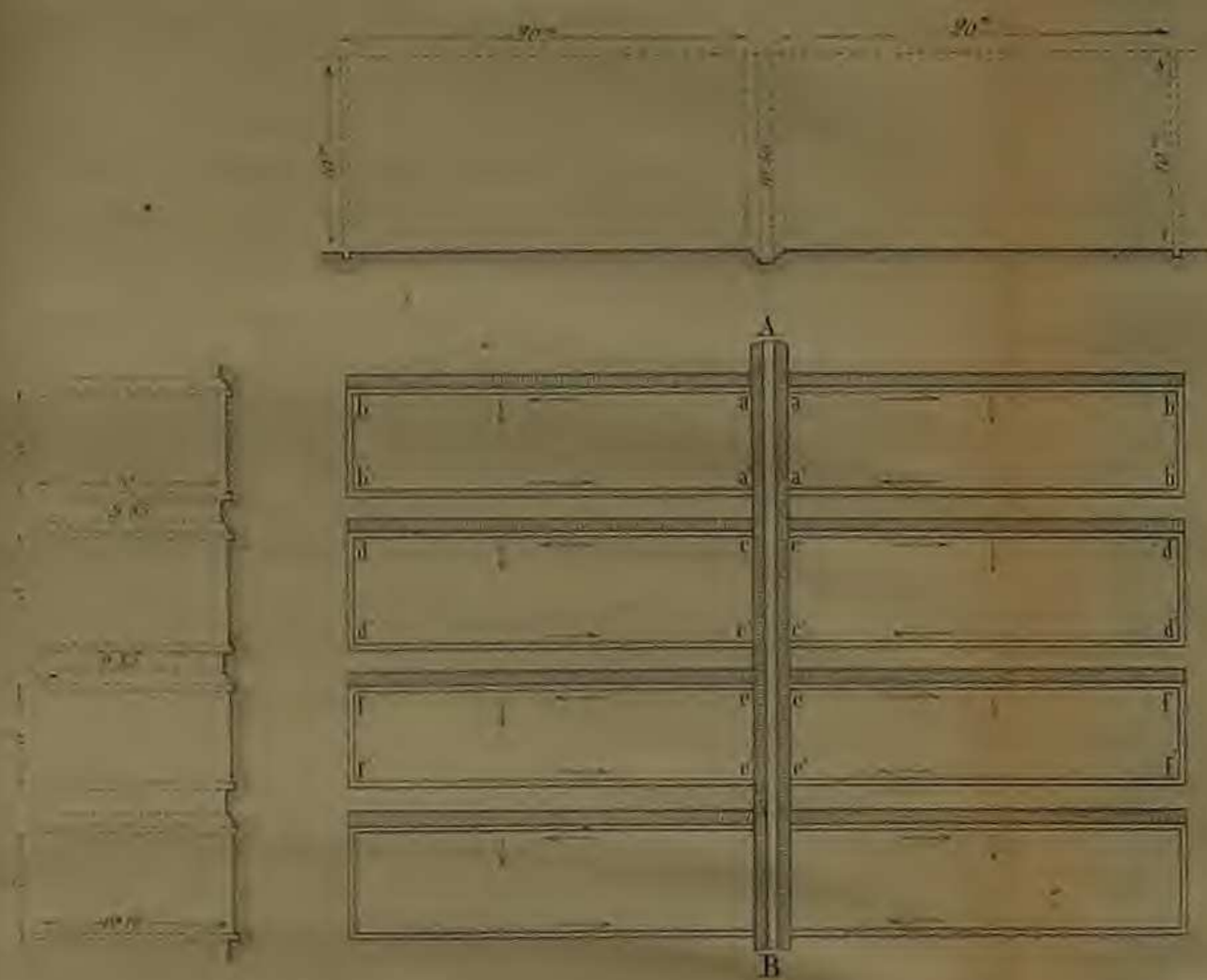


Fig. 8.

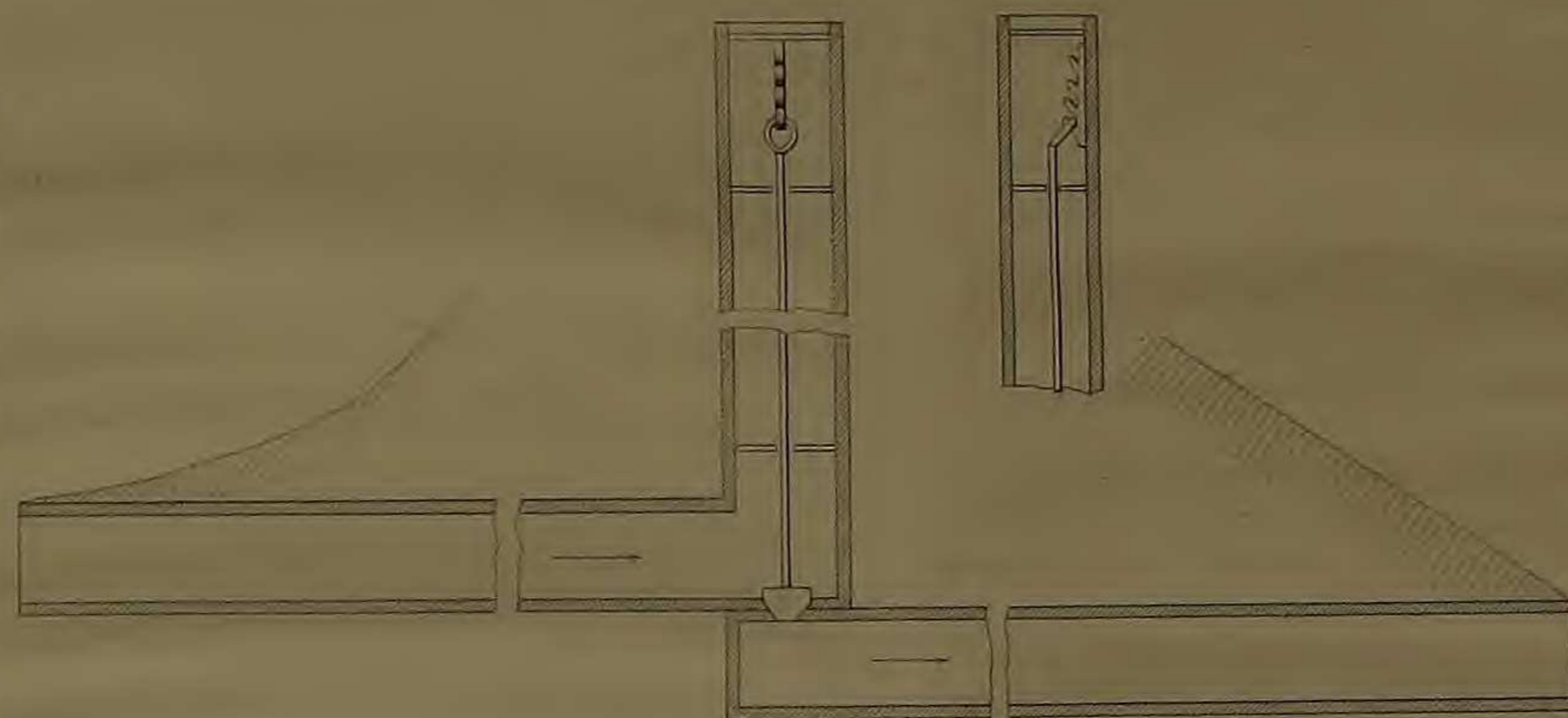


Fig. 9.

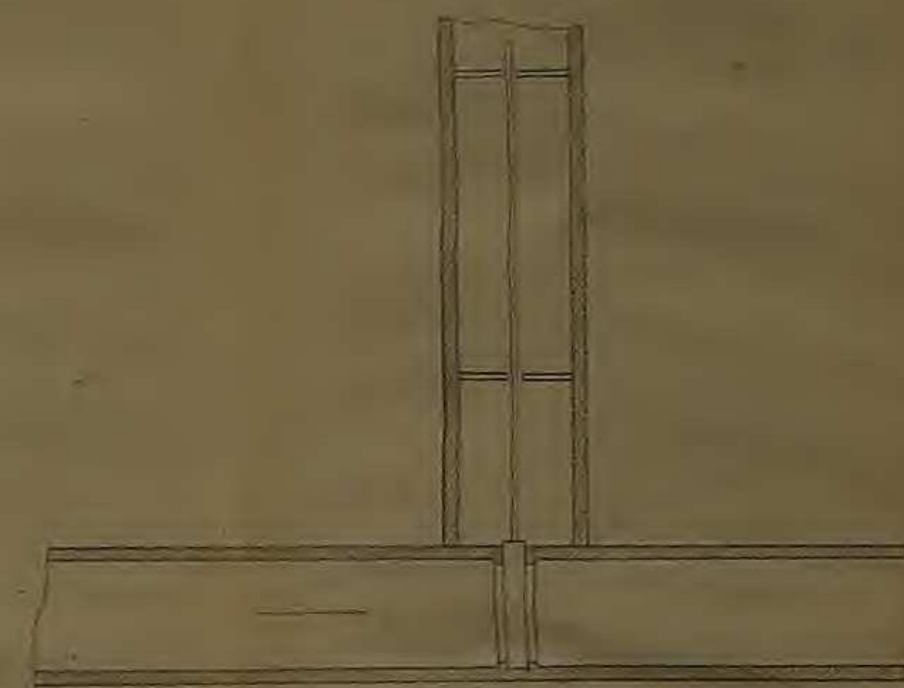


Fig. 6.

Escala de 0°10 por metro

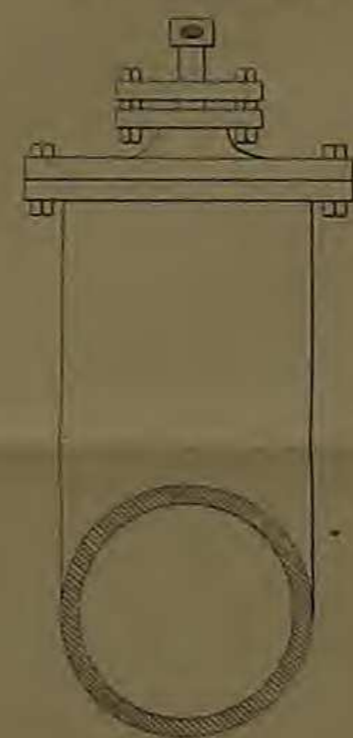


Fig. 7.

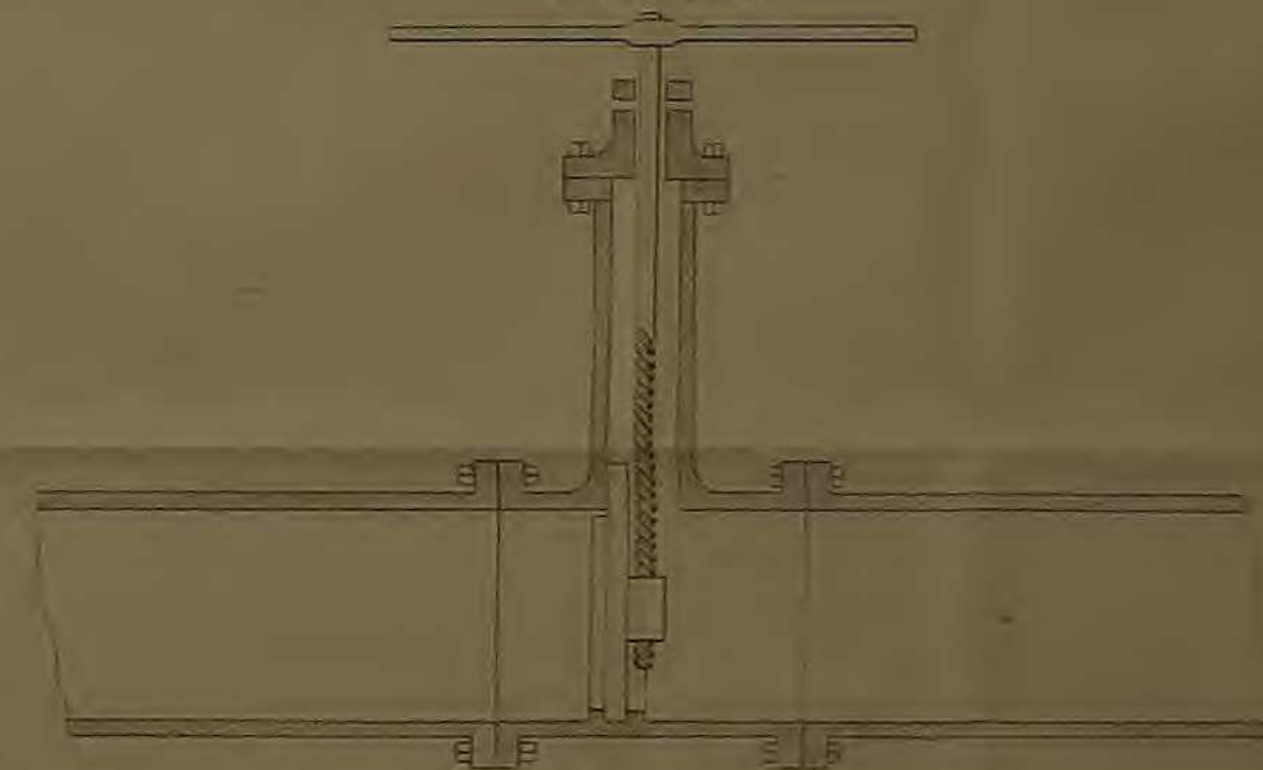


Fig. 10.

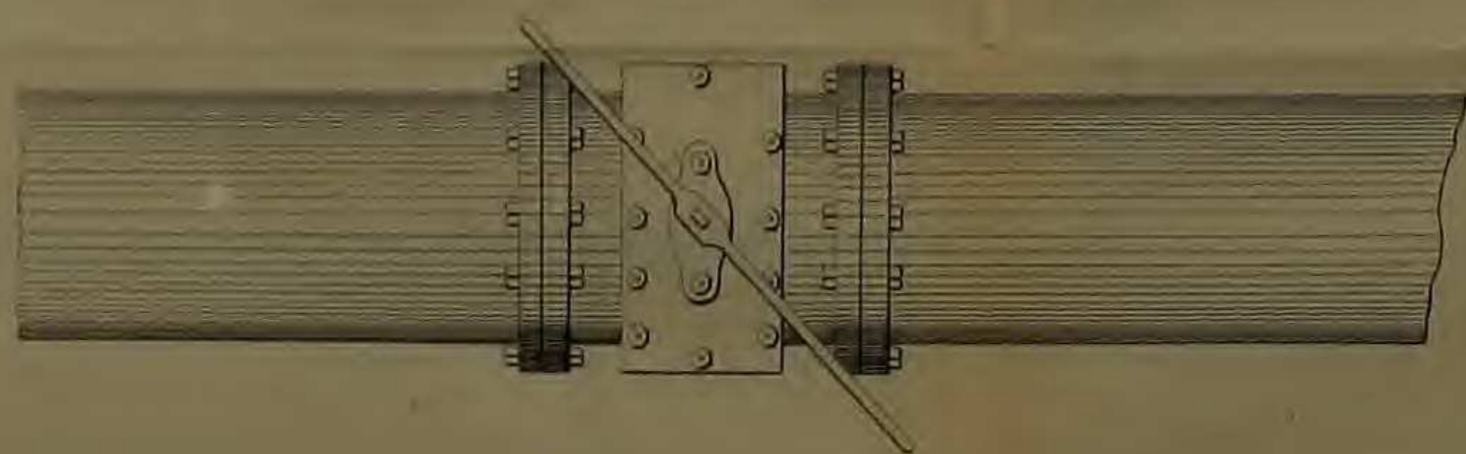
Elevacion



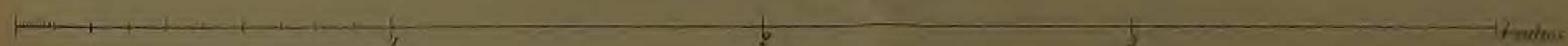
Seccion

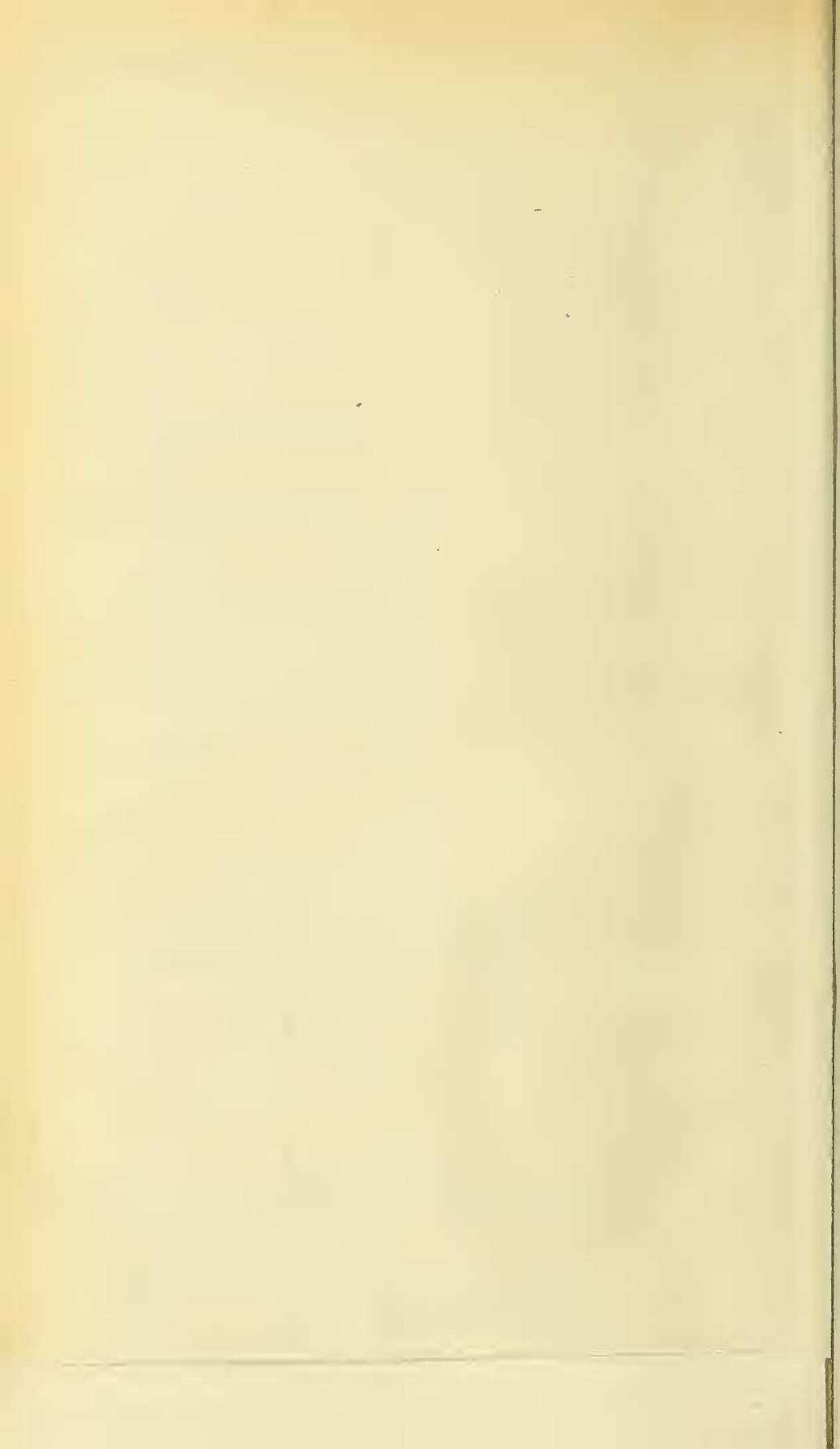


PLAN



Escala de 0°05 por metro







no pueden aprovechar el mismo beneficio, sea por su posición jeográfica, o sea porque los ríos no pueden en años regales dar agua bastante para regar más tierras que las que abastecen.

Estos terrenos aunque tengan en ellos aguas vertientes, éstas no pueden servir muchas veces más que para la bebida de los animales del fundo i para regar algunas arboledas i chacaritas de poca importancia, pero no son bastante abundantes para criar pastos para la engorda de los animales ni para cultivar trigos de riego. Sería de una gran riqueza e importancia para estas haciendas i para el país en jeneral, poder reunir estas aguas de vertientes i guardar la del invierno que se pierde, para servirse de ella en verano. Estas aguas del invierno que corren en la superficie del suelo en lugar de ser provechosas son perjudiciales, llevándose la poca tierra vegetal que tienen jeneralmente, de suerte que, recojiéndolas ántes que por su reunion en las quebradas i esteros causen perjuicios. Para recojerlas sería preciso formar estanques o lagunas artificiales, por medio de obras sencillas que esplicaré más adelante. Pero ántes de principiar un trabajo de esta naturaleza es indispensable determinar si semejante trabajo dará una utilidad que compense el costo de él. Para llegar a ese fin es urgente saber qué cantidad de agua de lluvia se puede recojer en una estension dada de terreno.

La cantidad de agua que cae en lluvia cada año desaparece de tres modos diferentes.

Una parte se introduce por filtracion en el terreno i por su reunion en partes determinadas forma los puquios i arroyos que por la reunion de sus aguas forman los ríos que se echan al mar; otra parte corre a la superficie de la tierra formando los torrentes cuando la lluvia es fuerte i dura algun tiempo, parte que se pierde sin utilidad alguna para la agricultura. En fin la tercera parte se disipa por evaporacion.

De las primeras pérdidas una puede aprovecharse completamente recojiéndola como dije más arriba, es la que corre en la superficie del terreno formando los torrentes; la otra que es la que se infiltra en los terrenos, puede aprovecharse una parte de ella, haciendo algunos trabajos que determinaré más adelante.

No hai duda que si se tuviera seguridad que el agua que se infiltra en los terrenos de una hacienda sirviera toda para alimentar los puquios i arroyos del mismo fundo, no hubiera más que recojerla a su salida de la tierra, i de este modo lograrla toda; pero muchas veces

estas aguas van a reventar en otros fundos distantes del en que han caído, ó en parajes bajos donde está perdida para la agricultura.

La tercera parte está perdida completamente, es la que desaparece por evaporacion. Esta pérdida se hace sentir mas en los primeros aguaceros, por encontrarse la tierra caliente como el aire. Procuraré determinar lo mas aproximativamente posible esta pérdida, que se conseguirá buscando primero la cantidad de agua que desaparece en el suelo por filtraciones, de cuya parte como he dicho, se podrá aprovechar para el regadío por medio de trabajos sencillos *ad hoc*.

Segundo, buscaré tambien aproximativamente la cantidad de agua que corre en la superficie de la tierra, i que se puede recojer enteramente para guardarla para el uso de la agricultura.

La cantidad de agua que se introduce en el suelo no es la misma en todas partes. La composicion del suelo i la configuracion de la superficie causan diferencias mui sensibles. En los terrenos de grandes pendientes i gredosos o formados de riscos, la casi totalidad de<sup>l</sup> agua de lluvia corre en la superficie principalmente cuando estos terrenos están desnudos de vegetacion. Se han hecho pocos experimentos sobre esta materia interesante, no se encuentran mas que los ejecutados por John Dalton i Tomas Hayle célebres meteorolojistas en los años de 1797 i 1798; los practicados por el señor Mauricio de Ginebra en 1796; i 1797; los del señor Gasparin en Orange (Vaucluse) en 1821 i 1822 i en fin los del señor John Dickinson fabricante de papel en Abot's-Hil, cerca de King's Langleg en un período de ocho años, desde 1836 hasta 1843.

Los señores John Dalton i Tomas Hayle, emplearon un cilindro de fierro estañado de 0,<sup>m</sup>914 de altura i de 0,<sup>m</sup>254 de diámetro. A este cilindro pusieron dos tubos, uno de ellos puesto en la base del cilindro i el otro a 0,<sup>m</sup>025 distante de la parte superior; estos dos tubos eran para conducir el agua de filtracion que debía recibirse en unos frascos. En la parte inferior del cilindro pusieron 0,<sup>m</sup>15 de altura de cascajo menudo i lo rellenaron con tierra húmeda. Por medio de un pluviómetro puesto al lado del cilindro, tenian la cantidad de agua que caia en ese lugar i al mismo tiempo recojiendo el agua que destilaba de la tierra, la diferencia entre estas dos cantidades era el agua que desaparecia por evaporacion i la que corria sin penetrar en el terreno.

De este modo encontraron las cantidades siguientes:

Meses.	Lluvia.	Filtracion.	Diferencia.
Enero . . . . .	62,4	36,8	25,6
Febrero . . . . .	45,7	33,0	12,7
Marzo . . . . .	22,9	7,1	15,8
Abril . . . . .	43,6	5,9	37,7
Mayo . . . . .	106,1	37,8	68,3
Junio . . . . .	63,2	7,6	55,6
Julio . . . . .	105,5	1,5	104,0
Agosto . . . . .	90,3	4,3	86,0
Setiembre . . . . .	83,6	8,4	74,9
Octubre . . . . .	73,6	5,8	67,8
Noviembre . . . . .	74,2	22,3	51,9
Diciembre . . . . .	81,3	43,6	37,7
	<u>852,1</u>	<u>214,1</u>	<u>638,0</u>

Lo que da para la filtracion 25,1 por ciento de la cantidad de agua caída en lluvia o la cuarta parte la de que cayó en el año.

El señor Mauricio de Ginebra no recojia el agua que filtraba por la tierra, contentándose con pesar cada día el cubo de tierra. Al mismo tiempo determinaba la evaporacion del agua al aire libre. Para hacer estos esperimentos empleó un cubo de fierro galvanizado de 0.<sup>m</sup>33 de altura i de 42 decímetros cuadrados de superficie en la boca, lo llenó de tierra despues de haber hecho varios agujeros en la tapa inferior!

Meses.	Agua de lluvia.	Filtracion.	Evaporacion del agua.	Diferencia,
Enero . . . . .	55,5	+ 47,9	4,5	5,6
Febrero . . . . .	111,7	+ 84,4	5,0	27,3
Marzo . . . . .	10,4	— 25,2	46,0	35,6
Abril . . . . .	9,2	— 14,0	136,3	23,2
Mayo . . . . .	23,7	— 8,1	109,4	31,8
Junio . . . . .	97,2	+ 31,1	116,2	66,1
Julio . . . . .	79,2	+ 21,0	147,5	58,2
Agosto . . . . .	42,9	— 4,5	219,7	47,4
Setiembre . . . . .	40,8	+ 7,4	165,5	33,4
Octubre . . . . .	95,4	+ 60,0	191,7	35,4
Noviembre . . . . .	42,9	+ 22,6	63,4	20,3
Diciembre . . . . .	46,7	+ 28,8	7,0	17,9
	<u>653,6</u>	<u>251,4</u>	<u>1212,2</u>	<u>402,2</u>

La filtracion ha sido de 38,5 por ciento del agua que cayó, i la evaporacion del agua en el cubo ha sido tres veces mayor que el agua que no ha filtrado en el terreno.

El señor de Gasparin repitió los mismos esperimentos que el autor anterior, pero enterró el aparato en el suelo hasta el orificio superior i consiguió los datos siguientes:

Meses.	Agua caída.	Filtracion.	Evaporacion del agua.	Diferencia
Enero. . . . .	46,1	+ 33,8	57,2	12,3
Febrero. . . . .	52,7	— 3,3	88,2	56,0
Marzo . . . . .	41,4	— 56,6	159,0	77,0
Abril . . . . .	57,6	— 8,6	186,7	66,0
Mayo. . . . .	61,5	— 6,5	227,7	68,0
Junio. . . . .	47,1	— 38,1	297,3	85,2
Julio . . . . .	28,1	+ 6,4	378,5	21,7
Agosto . . . . .	49,2	+ 31,5	306,1	17,7
Setiembre. . . . .	105,0	+ 69,6	180,7	35,4
Octubre . . . . .	101,5	+ 25,5	181,2	76,0
Noviembre . . . . .	82,6	+ 37,4	103,3	45,2
Diciembre. . . . .	49,3	+ 13,3	115,4	36,0
	<u>722,1</u>	<u>125,4</u>	<u>2281,3</u>	<u>596,7</u>

Lo que da para las filtraciones 17,5 por ciento del agua caída.

En fin Mr. Dickinson empleó un cilindro de greda de 0,<sup>m</sup>30 de diámetro i 0,<sup>m</sup>91 de altura con doble asiento, en el cual se abrieron agujeros; ese doble asiento retenia la tierra a una pequeña distancia de la parte inferior del cilindro. Este hueco comunicaba por medio de un tubo curvo con otro vertical, en el cual el agua que filtraba por la tierra venia a ocupar una altura correspondiente a su cantidad, esta altura estaba indicada por medio de un nadador, porque el cilindro del mismo modo que los tubos estaba enterrado. Por medio de una llave puesta en la parte mas baja del tubo se quitaba el agua despues de cada operacion. Mr. Dickinson llenó el cilindro con tierra que cubrió con champa. Un pluviómetro puesto al lado del aparato indicaba el agua caída.

El resultado de estos esperimentos que duraron ocho años es el siguiente:

Meses.	Lluvia.†	Filtracion.	Diferencia.
Enero. . . . .	46,9	33,2	13,7
Febrero . . . . .	50,1	39,3	10,8
Marzo . . . . .	41,0	27,4	13,6
Abril . . . . .	36,9	7,8	29,1
Mayo . . . . .	47,1	2,7	44,4
Junio . . . . .	56,1	1,0	55,1
Julio . . . . .	58,1	1,1	57,0
Agosto . . . . .	61,5	0,9	60,6
Setiembre . . . . .	66,9	9,3	57,6
Octubre. . . . .	71,6	35,5	36,1
Noviembre. . . . .	87,5	80,2	7,3
Diciembre . . . . .	41,6	45,8	— 4,2
	<u>665,3</u>	<u>284,2</u>	<u>381,1</u>

Lo que da 42,7 por ciento de la lluvia que cae para la cantidad de agua que filtra en un terreno con vejetacion.

Como vemos por estos esperimentos hechos con tierra vejetal poco comprimida, se obtuvo para las filtraciones:

Esperimentos de Dalton i Tomas Hayle. . . . .	25,1
Id. de M. Mauricio de Ginebra. . . . .	38,5
Id. de M. de Gasparin . . . . .	17,5
Id. de M. Dickinson . . . . .	42,7

La cantidad media del agua que cae en lluvia que se pierde por filtracion en el terreno, segun estos esperimetos es de 30,9, es decir, la tercera parte poco menos.

Sobre la cantidad de agua que se puede recojer de la que corre sobre la superficie de la tierra en los aguaceros, hai tambien algunos esperimentos aunque pocos, que se hicieron por ingenieros ingleses i norte-americanos, para la formacion de estanques que debian surtir de agua a los canales de navegacion i servir de fuerza motriz para maquinarias.

Sacaré dos tablas del informe de don Allan Campbell sobre la represa de Catapilco, escrito en 2 de enero de 1854, trasformando las medidas inglesas en medidas métricas.

En esta memoria el autor dice lo siguiente:

«Que la cantidad mas grande que han podido lograr los ingenieros para la represa de Blackston-edgé canal de Rochdale (Inglaterra) fue

la tercera parte de la que cayó; pero estos datos están publicados en el informe orijinal del ingeniero del canal de Chinango i que éste habia calculado sobre la quinta parte, i que mientras hicieron el trabajo del canal hicieron esperimentos sobre esta materia i presentaron las tablas siguientes.

*Tabla núm. 1 Eaton Brook valle.*

1835.	Agua caída.	Lluvia que cayó en una superficie de 1924 cud. 40.	Cantidad de la misma que pasó por compuertas.	Prop. de agua recojida con la que cayó.
MESES.	MILÍMETROS.	METROS CÚBICOS.	METROS CÚBICOS.	
Junio.....	170, <sup>m</sup> 2683	46966266,55	16820609, <sup>m</sup> 34	0, 358
Julio.....	69, 596	19149936,06	7926289, 11	0, 414
Agosto.....	72, 644	19988619,39	3835714, 00	0, 192
Setiembre.....	34, 036	9365297,20	2714324, 39	0, 29
Octubre.....	76, 200	13561893,28	5859483, 48	0, 272
Noviembre.....	55, 880	15375861,07	6731179, 63	0, 438
Diciembre....	11, 384	6709466,65	10341842, 65	1, 541
Junio a Dic. incl.		131117328,20	51229442,48	0, 392
Junio a Oct. incl.		109032002,48	37156420,32	0, 319

*Tabla núm. 2 Madison Brook valle.*

1835.	Medida de Lluvia.	Lluv. que cayó en una superficie de 3817, cuad. 28.	Cantidad de agua que pasa por la compuerta de la misma superficie.	Proporcion de agua recojida con la que cayó.
MESES.	EN MILÍMET.	METROS CÚBICOS.	METROS CÚBICOS.	
* Nieve exist. que cayó en Dic. 1834		24667156,80		
Enero.....	55, 118	13410246,64	6566605, 25	0, 491
Febrero.....	63, 50	14416973,00	9916311, 97	0, 649
Marzo.....	27, 43	6354624,28	17435617, 60	1, 628
§ Abril.....	127, 00	30833946,00	22872192, 42	0, 741
§ Mayo.....	50, 292	12210242,62	16425860, 65	1, 345
† Junio.....	204, 47	49642653,06	4701875, 02	0, 115
† Julio.....	98, 298	23865473,60	6552228, 25	0, 274
§ Agosto.....	77, 724	18870373,95	5717713, 49	0, 356
† Setiembre....	22, 352	5426774,90	5427538, 48	0, 999
† Octubre....	98, 044	23803806,31	5533947, 32	0, 232
† Noviembre....	53, 34	12950257,32	5162313, 81	0, 399
† Diciembre....	19, 304	5086759,79	5493302, 20	1, 172
Desd. Ene. a Dic. incl. la nieve...	895, 604	241539283,27	101805808, 46	0, 449
Ene. a May. incl.		119930205,25	71875587, 30	0, 662
Junio a Oct. incl.		121609083,02	29930221, 16	0, 246

\* Demuestra la cantidad dada por la nieve que se encontró, cuando comenzó la medida.

† Indica la cantidad con nieve deshaciéndose.

§ Desagüe igualado por la represa.

Dice tambien don Allan Campbell en su informe que «el valle de Eaton Brook es mui angosto i que los terrenos que desaguan en él son jeneralmente mui escarpados, i la tierra de una clase mui apretada. El valle de Madison Brook, es jeneralmente mucho mas ancho, las lomas adyacentes que desaguan en él, son mas tendidas i el suelo en algunas partes mas poroso que el de Eaton Brook. En ambos casos el campo está cultivado i presenta la proporcion regular de tierras labradas i con monte que jeneralmente indica el distrito agricultor.»

Se ve por estos esperimentos que en la primera tabla se ha recojido en siete meses, la tercera parte del agua de lluvia que cayó, siendo la mayor parte meses de verano; por lo tanto, meses de mas evaporacion por los calores que hacen en esa estacion del año, i en la segunda tabla para todo el año se ha recojido un poco mas de las dos quintas partes, aunque el terreno estaba cultivado, por lo tanto, con mas propiedad para dejarse penetrar por las aguas de filtraciones; pero por haber quedado nieve del año anterior, podemos considerar que se ha recojido solamente las dos quintas partes.

Si a estas dos quintas partes del agua de lluvia que será la que se puede recojer, por lo menos, en los terrenos de Chile, por ser terrenos de cerros poco cultivados, principalmente en las haciendas de rulo, ponemos una quinta parte del agua que cae para la pérdida por filtraciones, por ser la cantidad media poco menos de la que encontraron Dalton i Tomas Hayle, así que M. de Gasparin, en tierras cultivadas nos quedará todavía las dos quintas partes del agua que cae en lluvia para pérdida por evaporacion.

Estas cantidades no hai duda son aproximativas, porque las proporciones no son las mismas todos los años; con efecto, si hai pocas lluvias i si los aguaceros son cortos, una gran parte se pierde por evaporacion, pero este cálculo es relativo a los inviernos regulares.

Habiendo determinado la cantidad de agua que se puede recojer de la que cae en lluvia, es indispensable conocer esta última cantidad, lo que se conseguirá haciendo esperimentos por medio del pluviómetro. Estos datos una vez conocidos, para tener la cantidad total de agua que se obtendrá, no habrá mas que multiplicar las dos quintas partes de la altura de agua que cae por el número de metros cuadrados contenidos en una cuadra, que son 15725,16 i despues este resultado por el número de cuadras que tributarán con sus aguas al estanque.

La superficie del terreno será la proyección de él sobre un plano horizontal.

Para determinar la cantidad de cuadras que se podrán regar en una hacienda con una represa cualquiera se seguirán las reglas siguientes: después de haber determinado, como anteriormente dije, la cantidad de agua que se recojerá en metros cúbicos, será preciso deducir la cantidad que se perderá en los meses de regadío, tanto por filtraciones como por evaporación en la represa, lo que calculé en un capítulo anterior, i lo restante se dividirá por la cantidad de agua que se necesita al año, la clase de terreno que se tiene a su disposición.

Muchas veces la cantidad de agua que se podrá recojer de las vertientes de algunas quebradas, podrá compensar estas dos pérdidas i en algunos casos, dar un sobrante para el regadío; diré lo mismo del agua que se puede recojer de la que se considere como perdida por filtraciones en el terreno mientras llueve, ejecutando los trabajos siguientes.

Cerca de la base del cerro, pero en mas altura que la mas alta agua que se podrá tener en la represa, se abrirán unas zanjas de 1,<sup>m</sup>25 de hondura, con 1,<sup>m</sup>50 de ancho, dándoles una pendiente de 0,<sup>m</sup>37 por kilómetro (2 pulgadas españolas) hácia la represa; en terreno de tierras se formará adentro i de cada lado de la zanja unas pilcas de piedra de 0,<sup>m</sup>50 de grueso, que soportarán piedras grandes de laja, formando de este modo un canal subterráneo; encima se pondrán piedras menudas, i en fin se rellenará el resto de la zanja con la tierra sacada de la escavación. Se tendrá cuidado cuando se abra la zanja de botar la tierra en parte de mas declive del terreno, de manera que la que quede después de llenado el herido forme borde que obligue las aguas que bajan de los cerros a seguir este camino hasta su sumerción. Las aguas de filtraciones bajando del cerro al mismo terreno, encontrará estas pilcas de piedra i se introducirán por las junturas de ellas, i encontrando el conducto subterráneo lo seguirán sin estorbo hasta la represa. Estas aguas no podrán perderse por evaporación como sucedería si corriera en una zanja abierta por estar al abrigo de los rayos del sol i de los vientos. Con estos trabajos sencillos que se pueden ejecutar poco a poco, se aumentará considerablemente la cantidad de agua en la represa.

Es de sentir que en Chile, en pocos lugares se han practicado experimentos para determinar la cantidad de agua que cae en todo el



año. He encontrado en los *Anales de la Universidad* solamente los experimentos ejecutados en los lugares siguientes:

En Santiago en el Instituto Nacional en los años de 1849 i 1860, dando el primer año 0,<sup>m</sup>324 de altura de agua i el segundo 0,<sup>m</sup>513; lo que da por altura media de estos dos años 0,<sup>m</sup>4185.

En Concepcion por don Joaquín Villarino en el año 1857, dando por resultado 1,<sup>m</sup>364 de altura de agua.

En Valdivia por señor Auvandter en el año de 1854, dando 3,<sup>m</sup>522.

En Puerto Montt en los años de 1859 i 1860 por el señor Geisse; 2,<sup>m</sup>634 por el primer año i 2,<sup>m</sup>627 por el segundo; dando por altura media 2,<sup>m</sup>6305.

En fin en Punta Arenas por el señor Schit, en los años de 1854 i 1859, dando por el primero 0,<sup>m</sup>5004 i por el segundo 0,<sup>m</sup>5286; lo que dá por altura media 0,<sup>m</sup>5145.

En el norte donde las trabajos de represas son indispensables para el cultivo de las haciendas, no se ha hecho experimento ninguno; lo que es de sentir por ser mas necesarios estos trabajos en esta última parte, llevando los rios menos agua para los regadíos que en el sur.

Para concluir este capítulo, daré un ejemplo de los cálculos que se deben ejecutar para determinar la capacidad de una represa que pueda servir para reunir las aguas de las lluvias del invierno, para emplearlas en verano, en los riegos. Supongamos que cerca de Santiago se quisiera establecer una represa; se sabe que en ese lugar la altura del agua que cae, segun los experimentos hechos por varios años en el Instituto Nacional, es de 0,<sup>m</sup>4185. En una cuadra cuadrada caerá naturalmente  $15725,^m216 \times 0,^m4185$  dando 6589,<sup>m</sup>98 metros cúbicos, pero de esta cantidad de agua, como hemos visto, no se podrá recojer mas que las dos quintas partes, es decir  $6580,^m98 \times \frac{2}{5} = 2632,^m38$ , no contando con los medios que se pueden emplear, como lo espliqué mas arriba para aumentar esta cantidad de agua por medio de canales cubiertos con piedras. Multiplicando estos 2632,<sup>m</sup>38 que es el agua que se puede recojer de la que cae en una cuadra cuadrada, por el número de cuadras que se podrá hacer contribuir para rellenar la represa, tendremos por resultado el volumen total del agua que se podrá reunir, i haciendo la nivelacion del terreno donde se piensa establecer la represa, se determinará la altura del tranque i se calculará la superficie que el agua tendrá en la represa así como el perímetro mojado.

Determinar para despues el número de cuadras que se podrá regar con el agua de esta represa, se tendrá que deducir de ese volumen encontrado, la cantidad que se perderá por evaporacion i filtraciones, como lo hemos visto mas arriba, i la resta se dividirá por la cantidad de agua que necesita cada cuadra para los regadíos del cultivo que se quiere emprender, cantidad que he determinado en el capítulo III de esta Memoria.

## IX.

### Causas de la disminucion de las aguas en Chile.

Acabamos de ver en el capítulo anterior el modo de recojer el agua de lluvia del invierno por medio de estanques, para emplearlas en jos regadíos de la estacion del verano; tambien hemos estudiado el modo de determinar la cantidad de ella que se puede recojer en una estension determinada de terreno. Este último dato es variable, como lo hemos visto, de un lugar a otro i tambien segun los años, con mas razon desde algun tiempo a esta parte. Las lluvias en invierno no son tan frecuentes ni tan abundantes en cada aguacero como al principio de este siglo; lo que sorprende a la mayor parte de los habitantes de este pais, sin poder descubrir la razon de esta mudanza de clima que puede causar la ruina de los agricultores, principalmente de los que tienen sus haciendas en situacion tal, que no pueden lograr para sus regadíos de las aguas de los rios que tienen su nacimiento en la cordillera. Aún los mismos agricultores que están favorecidos con el empleo de estas aguas sufren una disminucion grande en los productos de sus fundos por la merma notable que han sufrido estos rios en sus aguas, resultado de los pocos aguaceros que se notan actualmente.

Esta causa de disminucion en las aguas de lluvia es fácil de esplicarla i aun se habria podido preveerla en vista del corte de los montes que se han hecho en los cerros para dar abasto de combustible a los hornos de fundicion de cobre, i tambien por el que se ha ejecutado sin tino en la mayor parte de las haciendas para trasformar las lomas i cerros cultivables en tierras de labranza, cuando los granos aumentaron de valor en tiempo del descubrimiento de la California.

Bastará con algunos ejemplos, probando que con el corte de los montes en los cerros ha producido la disminucion en la cantidad de agua que cae en otra parte para ver que los montes tienen una influencia

en el clima de un lugar, i despues explicaré el objeto meteorolóxico que producen los montes sobre el atmósfera en Chile para aumentar el número de los aguaceros en invierno i el tiempo que puedan durar.

Segun M. Boussingault (*Anales de Física i Química de Francia*, Tomo LXIV, páj. 113) el valle de Arangua, provincia de Venezuela de un terreno mui fértil, se encuentra situado a poca distancia del mar pero rodeado por todas partes de cerros, de modo que las aguas del invierno que caen en ese valle no teniendo salida, tienen que formar una laguna en la parte de mas declive del terreno. Esta laguna se llama Taricagua o de Valencia.

En la época que visitó M. de Humbolt este país a principios de este siglo, el agua de la laguna sufría una merma considerable, desde treinta años sin causa conocida.

Oviedo el historiador de la provincia de Venezuela, en el siglo XVI dice que el pueblo de Nueva Valencia estuvo establecido en 1555 a media legua de la laguna o 2803 metros poco mas o menos, i cuando lo visitó M. de Humbolt en 1800 estaba distante de la misma laguna de 5400 metros, habiendo una diferencia de 2697 metros con la distancia determinada por Oviedo, lo que probaba evidentemente que se retiraba el agua. Este sabio atribuyó la disminucion de las aguas de la laguna a la corta de los montes que se hicieron en el valle, espliéndose del modo siguiente: «Cortando los árboles que cubren la cima i las pendientes de los cerros, los hombres en todos los climas preparan a las jeneraciones futuras dos calamidades a la vez; una la falta de combustible i la otra la escasez de las aguas.»

En 1822 M. Boussingault supo de los habitantes de ese valle que las aguas de la laguna habian aumentado considerablemente, puesto que las tierras que habian sido cultivadas a la orilla de ella estaban en ese año bajo de las aguas. Este aumento habia tenido lugar por haber crecido de nuevo el monte de los cerros por efecto de las luchas de la guerra de la independencia que habia diezclado la poblacion del valle.

M. Boussingault que ha estudiado detenidamente la cuestion de la influencia del corte de los montes sobre los climas, cita varios ejemplos de la misma naturaleza para probar que la corta de los montes en los cerros hace disminuir la cantidad de lluvias, principalmente en los países cálidos, i ha sacado las consecuencias siguientes de sus observaciones;

1.º Los grandes cortes de montes disminuyen la cantidad de las aguas vivas que corren por un país.

2.º No es posible determinar si esta disminucion debe ser atribuida a una menor cantidad de lluvia anual o a una mas grande evaporacion de las aguas, o bien si a estas dos causas combinadas

3.º En los lugares donde no hai mudanza en la agricultura la cantidad de aguas vivas no parece haber mudado.

4.º Los bosques conservando las aguas vivas regularizan su movimiento.

5.º El cultivo establecido en un país árido i descubierto disipa una parte las aguas vivas.

6. Los manantiales pueden desaparecer por efecto de la corta del monte en el mismo lugar, sin que se pueda deducir que la cantidad anual de las aguas de las lluvias ha mermado.

7.º Los hechos meteorolójicos recojidos en las rejiones equinoxiales parecen probar que con la corta de los montes se hace mermar la cantidad de lluvias que caen anualmente.

En Chile como está a la vista de todos, el clima ha mudado, los aguaceros han ido minorando, no solamente en el número de ellos sino tambien en el tiempo que dura cada uno principalmente en la parte norte de la República. Para esplicar esta mudanza no hai mas que estudiar el efecto que producen en la atmósfera, los montes que crecen sobre los cerros i sus pendientes. Se sabe que todos los cuerpos de la naturaleza tienen propension a equilibrar su temperatura con la de los cuerpos que los rodean; este equilibrio se efectúa mas o menos rápidamente en proporcion de la conductibilidad de los cuerpos para el calor.

Se sabe tambien que de todos los cuerpos, la vejetacion i principalmente los árboles tienen un poder sumamente grande de irradiacion hácia el espacio, cuando no hai nubes, para equilibrar su temperatura con ese mismo espacio planetario; de modo que tan luego como baja el sol al horizonte i sus rayos no alcanzan a mantener el calor que los árboles han adquirido en el día, éstos principian a enfriarse i quitan una parte del calor al aire que los rodea, guardando éste el calor adquirido en el día mas tiempo por ser mal conductor. Las capas de aire que rodean los árboles enfriándose adquieren mas densidad i los vapores de agua que tenian entre sus moléculas se precipitan sobre los cuerpos, formando lo que se llama jeneralmente *rocío* que se ve por las mañanas sobre los objetos que han sido espuestos a la irradiacion nocturna, proporcionalmente al peder de irradiacion que tiene cada uno. En invierno i la primavera esta misma irradiacion haciendo ba-

ar la temperatura mas bajo que la conjelacion del agua solidifica estos vapores i se tienen las heladas tan perjudiciales a las plantas tiernas que se hielan o se queman como se dice en el campo.

El aire que rodea las plantas adquiriendo mas densidad como hemos visto, tiene que bajar dejando el lugar que ocupaban a otras capas de aire de menos densidad o mas cálidas que están cargadas de humedad, éstas enfriándose tambien como las primeras bajan a su vez. Estas mudanzas continuas de aire producen una corriente que baja toda la noche, hasta que los rayos del sol vuelvan a compensar el calor que pierden las plantas. Se ve por este efecto que se produce, que los árboles cubriendo los cerros i sus faldas establecen una corriente de aire que sigue la pendiente de estos mismos cerros hasta llegar al plan.

Estando sentados estos hechos vemos los efectos que producirá la vejetacion en Chile para provocar los aguaceros en el invierno.

En verano tenemos constantemente los vientos sur i sur-este originados por el vacío que se produce en el Norte, por la rarefaccion del aire en esa parte, por efecto de los rayos del sol que caldea la tierra i calienta así las capas inferiores de la atmósfera, obligando a ese aire a elevarse a la parte superior por haberse disminuido su peso específico. Pero tambien el vacío que se debe formar en el polo Sur por efecto del aire que corre de ese lugar hácia el Norte está constantemente relleno por el aire que viene del Norte formando una corriente nortesur situada mas arriba de la corriente sur-norte que camina a la superficie de la tierra. La prueba que los vientos de Sur están producidos por la causa que acabo de indicar de la rarefaccion del aire en el Norte, es que los vientos fuertes principian solamente cuando los rayos del sol han tenido tiempo de caldear la tierra en ese lugar, es decir, entre las once i las doce del día, i principia a calmar el viento poco a poco cuando el sol está bajando hácia el horizonte hasta que sea casi insensible, para volver a principiar al día siguiente a la misma hora.

En las alturas mientras tanto corren los vientos norte-este i norte; lo que lo prueba son las lluvias de diciembre, enero i febrero en la parte superior de la cordillera en Bolivia, siendo ésta la estacion de las lluvias.

Mientras que corren los vientos de Sur en la parte inferior de la atmósfera, no se pueden tener aguaceros por ser este viento poco cargado de vapores i estos se dilatan a medida que adelantan hácia el Norte por efecto del calor que los penetra.

Cuando el sol se retira del hemisferio Sur i que sus rayos caloríficos caen oblicuamente sobre la tierra no tienen la misma fuerza para caldear éstas i las capas de aire que la tocan en su superficie, no dilatándose calma el viento; por esta razon se tiene raramente vientos fuertes de Sur en marzo i abril, i las noches se refrescan por efecto de la irradiacion que se opera. Si los cerros están cubiertos de montes, esta vejetacion habiendo impedido a la tierra de ser calentada por los rayos del sol, el enfriamiento de las capas de aire que rodean los montes, no está contrariado por el calor del terreno i principia de noche una corriente continua de aire frio i condensado, resbalando a lo largo de la pendiente de los cerros, cuyo efecto repitiéndose cada noche obliga al fin la corriente de aire que camina de Norte a Sur a bajar cerca de la superficie de la tierra donde se condensan los vapores que traen i se forman los aguaceros. Si los cerros están desnudos de montes, no solamente se caldean en el verano por la ausencia de sombra, sino tambien en invierno la parte de ellos que mira al Norte, por recibir en esta estacion el sol perpendicularmente a sus faldas; i como hemos visto, la tierra siendo poco conductora del calor irradia poco de noche, i la corriente de la cual he hablado anteriormente, no solo no se formará, pero aun si por casualidad corre viento Norte por efecto del enfriamiento del aire producido por las nieves de la cordillera el aguacero se transformaria en nevazon de poca duracion, por ser disipadas las nubes por la corriente ascendente del aire calentado por el mismo terreno de los cerros.

Si por casualidad cae un poco de agua en marzo i abril inmediatamente ésta se volatiliza con el calor del suelo formando una corriente ascendente que disipa el aguacero en el plan siguiendo un poco mas tiempo la nevazon en la cordillera, lo que esplica la jente del campo, diciendo que el aguacero se ha vuelto nevazon en la cordillera.

Antiguamente cuando los aguaceros principiaban temprano, el pasto crecia inmediatamente en los cerros antes que estuviera paralizada la vejetacion por efecto de los frios del invierno; este pasto ayudaba a los montes en su irradiacion para establecer la corriente descendente en el invierno, haciendo durar mas tiempo los aguaceros que ahora, por esa razon eran comunes los aguaceros que duraban ocho i quince dias seguidos.

Se ve por estas esplicaciones que los lugares en Chile que tienen los cerros desnudos de montes deben recibir los aguaceros tarde i en poco número, puesto que, cuando ya principia a aumentar la fuerza

del sol en setiembre, no se puede esperarlos por formarse inmediatamente la corriente sur-norte por la rarefacion del aire en el Norte.

Se ha visto la causa del mal que sufre Chile en su clima, mal que irá seguramente en aumento si no se pone atajo al desmonte de los cerros. Para evitar la ruina completa de la agricultura seria urgente promulgar leyes para paralizar el corte inconsiderado de los montes i aun si es posible fomentar las plantaciones de bosques, para que cuanto antes desaparezcan los años secos que seguramente irán repitiéndose a menudo. No hai duda que, de la promulgacion de leyes sobre esta materia depende en gran parte el adelanto de la agricultura i el bienestar i felicidad de los habitantes de Chile:

## X.

### De las represas o estanques.

Para que se saque de las aguas de regadío todo el provecho que es posible, es indispensable que cada riego se haga en el menor tiempo que se pueda, para evitar que las plantas esten espuestas mucho tiempo a los rayos del sol, teniendo sus raices bañadas por agua, por hacerlas entrar luego en putrefaccion, lo que se llama en el campo *cocerse*, siendo causa de su destruccion.

Para conseguir tener como se dice, *un golpe de agua*, es decir, este elemento en una cantidad suficiente, de modo de conseguir una altura de 0,<sup>m</sup>07 a 0<sup>m</sup>08 en una cuadra de tierra, es preciso tener disponible 1100, <sup>m</sup>375 a 1258, <sup>m</sup>300 o por segundo 830, <sup>lit.</sup>1 a 873, <sup>lit.</sup>6.

Se comprende que para los fundos que no pueden tener esa cantidad de un modo continuo, tienen que dividir los potreros en pequeños cuarteles, de lo contrario gastarian la poca agua que tienen sin provecho ninguno. En estos casos tanto para emplear el agua con mas economía i provecho como para no perder la que corre de noche, principalmente cuando es corriente de pocos litros se tiene que formar represas o estanques para emplear esa agua cuando su volúmen sea bastante considerable.

He visto en este país varios de estos trabajos para reunir aguas de quebradas, pero jeneralmente son obras bastante insignificantes hechas por algunos pobres para regar chacaritas o bien son trabajos costosos de cal i ladrillo, cuando estas obras deben ser las mas económicas posibles aunque firmes como lo veremos mas adelante. El solo

trabajo bueno i económico que he visto en esta clase es el que hizo don José Letelier en Vichiculen hijuela de la hacienda de Llaillai.

Algunas veces en haciendas secas con pocas vertientes se establecen represas guardando las aguas del invierno para emplearlas en verano en los riegos. Estos trabajos aunque grandes por el volúmen de agua que debe guardarse en ellos deben tambien hacerse económicamente. Un trabajo de esta clase mui bien ejecutado existe en la hacienda de Catapilco, (departamento de la Ligua) perteneciente a don Francisco Javier Ovalle. Este trabajo ha sido dirigido por el ingeniero ingles Mr. Collier.

La capacidad de las represas depende del volúmen de agua que se quiere o se puede reunir en un tiempo dado, de modo que el trabajo de esta clase de obras está sujeto a muchas consideraciones de localidad, sea que esta obra se construya para reunir solamente las aguas de lluvia del invierno, sea para recojer simplemente las aguas de los arroyos de las quebradas o bien para reunir aguas de ambos orígenes al mismo tiempo.

Se debe tener por regla jeneral que es mas conveniente hacer varios estanques que uno solo, teniendo la misma capacidad que todos los otros reunidos; porque es mas fácil para la limpia de ellos i menos costosos, es mas barato la construccion del trabajo de dos o mas tranques que el de uno solo de capacidad igual a la suma del volúmen de los pequeños por tener en cada uno que levantar poco los tranques que deben formar las represas, i tambien la suma de las filtraciones en los estanques pequeños será menor que en el grande por tener menor peso de agua sobre la superficie de los terrenos de los lechos. Teniendo varias represas, jeneralmente se podrá ponerlas mas cerca de los terrenos que deben ser regados con el agua de ellas, i tener así menos pérdidas de agua en las acequias por ser éstas mas cortas.

Lo mas importante en esta clase de obras es elejir bien el lugar de su establecimiento, porque un error en la eleccion del lugar puede ser causa de que el trabajo no dé los resultados que se buscan. Se debe elejir para su formacion las partes mas altas de las propiedades para poder hacer participar del beneficio del regadio a un número mas grande de cuadras de tierra, principalmente si los terrenos altos son buenos para el cultivo.

Es preciso aprovechar al mismo tiempo todos los arroyos que se encuentran cerca, reuniendo las aguas de las quebradas vecinas a la de la represa por medio de acequias. No se deben establecer estas



obras en terrenos areniscos i calizos o de cascajo, i tener seguridad que, encontrándose rocas, éstas no tengan rajaduras por donde pueda escurrirse el agua, principalmente las que deben servir de cimiento al tranque.

Se debe escojer un lugar que no exija para formar la represa un movimiento grande de tierra ni mucha longitud de construccion de tranque; esto dará un estanque de mayor tamaño posible, con tal que mas arriba del lugar donde se establezca el tranque haya poca pendiente.

Los tranques levantados de tierra son excelentes i resisten perfectamente bien, pero para que den este resultado es indispensable que la tierra sea gredosa, de lo contrario, seria preciso poner en el centro de la construccion una especie de pared de greda pura trabajada del mismo modo que la trabajan los obreros de tinajas o lozas de greda, la parte de la pared que recibirá los aparatos para sacar el agua de la represa debe ser hecha de cal hidráulica i ladrillo o de piedra en lugar de ladrillo si se tiene de éstas a la mano.

Cuando el estanque debe tener alguna estension, no se debe formar la cara interior de la pared del tranque perpendicularmente ni aun darle talud o plano inclinado, sino una forma de curva cilíndrica cóncava con base parabólica, siendo la curva mas a propósito para recibir sin causar la destruccion de la obra el choque de las olas del agua del estanque cuando hai grandes vientos.

Los autores que han escrito sobre esta clase de trabajos difieren sobre el modo de ejecutarlos i sobre las dimensiones que se le deben dar. Pero el señor Pareto competente en la materia, es el que da las mejores indicaciones sacadas del exámen de represas que han dado mui buenos resultados por la firmeza de ellas por muchos años. Segun este ingeniero el chafan o talud de la obra, es decir, la parte que será bañada por el agua, debe tener por base un largo igual a la altura del tranque multiplicado por 2,80. Si es grande la represa se da a ese talud la forma que indiqué mas arriba, tomando por perímetro de la parábola el cociente de la altura por el coeficiente 2,80; obrando así, se tiene una economía notable en los terraplenes, no ejecutándolo bajo estas reglas, poco a poco el movimiento del agua de la represa le da la forma indicada mas arriba, echando en el estanque la tierra sobrante que se ha puesto. Es conveniente poner sobre la cara interior de la represa o talud una vez concluida, una capa de piedras *chanca-das* para que éstas ofrezcan mas resistencia a los embates de las olas i evitar así los deterioros del tranque por esta causa.

El talud exterior se hace plano, dándole la inclinacion natural que toman las tierras cuando se las bota sencillamente, es decir, se le da 1,<sup>m</sup>50 de base por cada metro de altura.

El espesor del tranque en la parte superior debe tener desde 1,<sup>m</sup>50 a 2,<sup>m</sup>00 dándole por lo menos 0,<sup>m</sup>70 de altura demas que la a la cual deben llegar las mas altas aguas en la represa. Se asegura esa altura máxima formando un botador para evitar que llenándose demasiado la represa en algun temporal por descuido del empleado que debe cuidar de la obra pase el agua por encima, lo que podria destruir el tranque o a lo menos causar grandes perjuicios.

Cuando se construyen estas obras, a mas de la altura indicada, se le da un aumento de la veinte-ava parte mas para compensar lo que bajará el trabajo cuando se aprietan las tierras con las cuales se ejecuta la obra, aunque se debe tener el mayor cuidado de pizonear bien cada capa de tierra a medida que se esten formando para tener la seguridad que todas las partes de la construccion tendrán la misma fuerza de resistencia, lo que no se conseguiria si se dejaba la tierra suelta, bajando i apretándose por su propio peso.

Si con las reglas anteriormente asentadas, queremos levantar un tranque de diez metros de altura, dando a la parte superior 2,<sup>m</sup>00 de espesor en la parte interior de la obra, desde el centro tendremos para el espesor en la base:

$$(10^m \times 2,^m80) + 1 = 29 \text{ metros.}$$

Por base a la parte exterior desde el centro de la obra, tendremos:

$$1 + (10^m \times 1,50) = 16 \text{ metros.}$$

Lo que darán en todo de espesor para el tranque de 10 metros de altura 45 metros en la base.

Cuando los terrenos tienen una inclinacion desde el centro hasta las estremidades del tranque, lo que existe casi siempre, el ancho de la base debe variar precisamente en proporcion de la mas o menos inclinacion que se tenga, de modo de tener en cada punto del tranque el ancho de la base en proporcion de la altura en ese punto determinado.

El cuidado mayor que se debe tener en esta clase de construcciones, es de buscar el terreno firme para asentar la obra, dando un metro mas de hondura en el centro que a las estremidades. El suelo sobre el cual descanzará no debe estar lizo sino con asperezas que se

forman si no las tiene naturalmente, para que la fuerza de rozamiento de la construccion sobre el terreno sea mas grande que la fuerza que empuja la obra para hacerla resbalar sobre sus cimientos. Del mismo modo i por la misma razon se debe tener un cuidado especial de reunir firmemente las estremidades del tranque con las riberas; enterrándolas bastante, no solamente se dará mas firmeza a la construccion, pero tambien se impedirá toda especie de filtraciones, a lo que debe poner todo su conato el que está encargado de dirigir esta clase de trabajo.

De ningun modo se deben plantar árboles en el talud interior de la construccion sino en la parte exterior solamente, i aun deben ser árboles que no echen muchas raices para que éstas no penetren hasta llegar al agua, atravesando toda la construccion, de otro modo podrian causar filtraciones; lo mejor seria sembrar solamente semillas para crear champas que darán mas firmeza al talud, impidiendo que resbale la tierra con las aguas de las lluvias.

En el caso que la tierra con la cual se debe establecer la construccion sea de mala calidad, se debe como he dicho mas arriba emplear greda o cal hidráulica con arena; en el caso que se emplee greda en el centro de la obra, se pone una hilera de tabloncillos amachihembrados uno con otro i la greda trabajada se pone a uno i otro lado bien pizoneada.

Algunas veces en tranques grandes, sobre la parte interior de él se pone como dije, una capa de piedras chancadas o cascajo de 0,<sup>m</sup>20 a 0,<sup>m</sup>30 de espesor, para impedir la erocion que pueda hacer el agua sobre la tierra; principalmente cuando en los lugares donde se establecen estas obras, hai vientos grandes que naturalmente levantan olas que baten la construccion.

Se ve por estas reglas sencillas que los trabajos de los estanques o represas son fáciles de ejecutar en todo Chile, por tener en todas partes terrenos gredosos o a lo menos greda a poca distancia de los lugares donde se pueden hacer, i para la construccion de los tranques no se exige tampoco obreros especiales, sino simplemente peones a lo menos para el principal cuerpo de la obra. Donde se necesitan hombres mas intelijentes es solamente en el lugar donde se hará la toma del agua, i aun no pasan de simples albañiles los que se necesitan como lo veremos mas adelante.

En los estanques que deben tener pocos metros cúbicos de agua la toma de ella puede hacerse de un modo sencillo, es como sigue: En